MP-13*

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC
MINISTÈRE DES RICHESSES NATURELLES
DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX

CLIMAT DU QUÉBEC MÉRIDIONAL

M.-G. Ferland et R.M. Gagnon

LEGISLATIVE LIBRARY OF ONTARIO
TORONTO
FEB 14 1975
RECEIVED

SERVICE DE LA MÉTÉOROLOGIE

QUÉBEC 1974
Édition revue et corrigée

MP-13*

104-04062/

CLIMAT
DU
QUÉBEC MÉRIDIONAL

M.-G. Ferland et R.M. Gagnon

SERVICE DE LA MÉTÉOROLOGIE

TABLE DES MATIERES

Introduction..... 1
Stations et données utilisées..... 2
Température..... 4
Précipitation..... 8
Insolation..... 13
Vents..... 14
Conclusion..... 15
Remerciements..... 16
Références..... 17
Appendice..... 18

CARTES CLIMATIQUES

1 Stations météorologiques 20

LES TEMPERATURES

2 Température moyenne annuelle 25
3 Température moyenne de janvier 27
4 Température maximale quotidienne de janvier 29
5 Température minimale quotidienne de janvier 31
6 Température moyenne de juillet 33
7 Température maximale quotidienne de juillet 35
8 Température minimale quotidienne de juillet 37
9 Température maximale absolue 39
10 Température minimale absolue 41
11 Ecart des extrêmes de température 43
12 Températures mensuelles 45
13 Date de la dernière gelée de printemps (probabilité de 50 pour cent) 47
14 Date de la première gelée d'automne (probabilité de 50 pour cent) 49
15 Date de la dernière gelée de printemps (probabilité de 75 pour cent) 51
16 Date de la première gelée d'automne (probabilité de 25 pour cent) 53
17 Longueur de la saison sans gel 55
18 Facteur calorifique annuel 57

LES PRECIPITATIONS

19 Précipitation totale annuelle 63
20 Variabilité des précipitations annuelles 65
21 Chute de neige annuelle 67
22 Fraction nivale 69
23 Précipitation mensuelle 71
24 Pluie maximale probable en 24 heures avec retour de 10 ans 73

25	Pluie maximale probable en 24 heures avec retour de 25 ans	75
26	Déficit d'écoulement annuel	77
	L'INSOLATION	
27	Durée annuelle de l'insolation	81
28	Pourcentage annuel moyen de l'insolation	83
	LES VENTS	
29	Fréquence et direction des vents moyens	89
30	Fréquence et direction des vents d'hiver	91
31	Fréquence et direction des vents d'été	93

INTRODUCTION

Le présent travail a pour but de présenter une série de cartes climatiques du Québec méridional, basées sur de longues périodes d'observation et incluant les plus récentes données disponibles. Il répond au besoin qui s'est fait sentir de mettre à jour diverses cartes climatiques déjà publiées (2, 3, 21, 23) et présente certains éléments climatiques qui n'avaient pas encore été cartographiés jusqu'à maintenant pour le Québec. Nous nous sommes conformés autant que possible aux normes de l'Organisation météorologique mondiale (15), en particulier dans le choix de la période de base (1931-1960).

L'étude que nous avons faite se rapporte uniquement au Québec méridional, c'est-à-dire à la partie de la province située au sud du 50ième degré de latitude. Au nord de cette latitude, les postes d'observation du réseau météorologique sont répartis avec une densité beaucoup plus faible qu'au sud, de sorte qu'on ne peut préparer des cartes climatiques pour le Québec septentrional avec la même précision que pour le Québec méridional. Dans ces conditions, il a semblé préférable de présenter des cartes climatiques distinctes pour les deux régions (10).

L'atlas comprend 31 cartes. La première carte montre la répartition géographique des stations et les 30 autres décrivent les éléments climatiques suivants: température, précipitation, insolation et vent.

Quelques études climatologiques déjà publiées comprenaient des cartes climatiques du Québec méridional. Villeneuve (23), utilisant les données de plus de 200 stations pour une période de 10 ans, a tracé 18 cartes décrivant la température, la précipitation, l'humidité relative et la saison de croissance. De même Longley et Hare ont fait une étude sur le climat du Québec et du Labrador (12), où figurent 28 cartes climatiques. Ce sont les deux seuls ouvrages qui traitent spécifiquement du Québec.

Le gouvernement du Canada a aussi publié un certain nombre de cartes climatiques couvrant tout le Canada (2, 3, 21); ces cartes sont pour la plupart basées sur la période 1921-1950 et, comme elles sont à l'échelle nationale, elles offrent peu de détails sur le climat du Québec méridional.

STATIONS ET DONNEES UTILISEES

Une carte géographique du Québec méridional (carte 1) montre la répartition des stations utilisées dans la préparation des 30 cartes climatiques. On peut grouper ces stations en trois classes:

a) La première classe comprend des stations permanentes ayant fourni des observations pendant au moins 25 années au cours de la période de 1931-1960. Ces stations sont en général situées sur le littoral du Saint-Laurent et dans les vallées de ses principaux affluents. Les données recueillies à toutes ces stations ont été utilisées sans ajustement.

b) La seconde classe correspond à des stations permanentes ayant moins de 25 années d'observations comprises entre 1931 et 1960. Un grand nombre d'entre elles sont situées à l'intérieur des terres. Les valeurs recueillies à ces stations jusqu'à 1965 ont été ajustées à la période normale 1931-1960 par comparaison avec des stations voisines de la première classe. Cependant, deux stations ont été utilisées sans ajustement des valeurs, à cause de leur position géographique particulière; elles sont situées sur l'île d'Anticosti. Ce sont Port-Menier qui possède 23 ans de données entre 1931 et 1960 et Pointe Sud-Ouest, où les observations ont cessé en 1954.

c) Finalement, des stations saisonnières, où les relevés ne sont faits que durant la saison estivale, constituent la troisième classe de stations. Les périodes d'observation de ces stations sont très diverses; pour les cartes se rapportant à la saison d'été, les données des stations ayant des observations pour 25 à 30 années comprises entre 1931 et 1960 ont été utilisées telles quelles; les autres ont été ajustées à la période 1931-1960 par comparaison avec des stations permanentes ou saisonnières voisines. Pour la préparation des cartes climatiques annuelles, on a dû estimer des valeurs à quelques stations saisonnières, en supposant valable annuellement la corrélation existant pour les mois d'été entre une station saisonnière et une station permanente. Les seules régions où de tels estimés ont été faits, sont

le centre de l'Abitibi et du Témiscamingue et le nord-est du Saguenay.

TEMPERATURE

Sous le titre 'température', nous avons rassemblé une série de cartes climatiques décrivant des moyennes et des extrêmes de température (cartes 2 à 12) ou des valeurs dérivées (cartes 13 à 15). Les cartes 2 à 12 sont en partie basées sur les valeurs calculées par le Service météorologique canadien (6, 8, 9).

Températures moyennes (cartes 2 à 8)

Le groupe des cartes 2 à 8 traite des températures annuelles (carte 2) et des températures de janvier et juillet (cartes 3 à 8).

Nous avons voulu nous attacher davantage aux mois de janvier et juillet, car ce sont respectivement le mois le plus froid et le mois le plus chaud de l'année, sauf à l'île d'Anticosti et aux îles de la Madeleine. Aux îles de la Madeleine, les températures les plus élevées se produisent en août et les plus basses en février, réflétant ainsi le climat maritime des îles (24). De toutes les régions du Québec, ce sont les îles de la Madeleine qui jouissent en janvier de la plus haute température moyenne (20.7 degrés F.) et du plus haut minimum quotidien (15.2 degrés F.). En hiver, le climat de l'île d'Anticosti se comporte comme celui des îles de la Madeleine. En été cependant, l'effet de climat maritime est moins marqué à l'île

d'Anticosti, les moyennes de juillet étant légèrement supérieures à celles d'août (voir carte 12). Les côtes est et sud de la Gaspésie sont aussi affectées en hiver par la proximité de l'océan, mais à un degré moindre.

Pour ce qui est des températures les plus élevées du Québec, on les trouve au sud-ouest de la plaine du Saint-Laurent. Les régions du lac St-Jean et de la vallée de l'Outaouais sont aussi favorisées par des températures plus élevées que celles des régions voisines de même latitude. De façon générale, les isothermes ont tendance à se grouper parallèlement au fleuve à cause de l'effet combiné de l'influence maritime de ce dernier et de la topographie.

Extrêmes de température (cartes 9, 10 et 11)

Les cartes 9, 10 et 11 présentent les températures les plus hautes (carte 9) et les plus basses (carte 10) jamais enregistrées, de même que l'écart entre ces températures (carte 11). Nous avons utilisé les données disponibles à toutes les stations depuis leur installation pour préparer ces cartes. Par conséquent, à cause de la non-uniformité des périodes, une bonne part d'interprétation a été requise pour leur préparation. Néanmoins, il nous a été possible de tracer des isothermes en tenant compte de l'ensemble des valeurs dans chaque région.

On définit l'écart absolu de la température comme la différence entre la température maximale absolue et la température minimale absolue. Une soustraction graphique des cartes 9 et 10 a été

utile pour préparer cette carte des écarts dans certaines régions où l'information n'était pas suffisante. La configuration des isothermes sur cette planche traduit la continentalité du climat.

Températures mensuelles (carte 12)

La carte 12 illustre au moyen de diagrammes, les variations mensuelles des températures à 19 stations caractéristiques des régions du Québec méridional.

On peut comparer la continentalité plus ou moins marquée du climat des diverses régions au moyen de l'amplitude des courbes tracées sur la carte et des écarts qu'elles présentent entre elles. On vérifie ainsi que la continentalité augmente en général de l'est vers l'ouest du Québec méridional.

On note aussi qu'aux 19 stations représentées, les températures maximales absolues se sont produites en juin ou en juillet et les températures minimales absolues en janvier ou en février.

Températures de gel (cartes 13 à 17)

Les cartes de la dernière gelée de printemps et de la première gelée d'automne (cartes 13 à 16) sont obtenues à partir d'ajustements statistiques faits sur les dates observées des dernières températures de 32 degrés F. au printemps et des premières températures de 32 degrés F. à l'automne. Une séparation arbitraire des saisons de printemps et d'automne, entendues au sens large, a été établie au 1er août. Les données de 83 stations ont été analysées de cette façon. Ces cartes font partie d'une étude sur le gel (18).

Les cartes 13 et 14 donnent les dates moyennes de la dernière gelée de printemps et de la première gelée d'automne, correspondant aux probabilités de 50 pour cent dans les distributions ajustées.

Deux autres cartes (cartes 15 et 16) montrent les dates de la dernière gelée de printemps et de la première gelée d'automne basées sur les probabilités de 75 pour cent pour le printemps et de 25 pour cent pour l'automne. Ces probabilités de 75 et 25 pour cent ont été choisies de façon à correspondre à des dates qui devraient en moyenne être dépassées une année sur quatre au printemps et être devancées dans la même proportion à l'automne.

La longueur moyenne de la saison sans gel (carte 17) est basée sur la probabilité de 50 pour cent d'une température de 32 degrés F. Elle est déterminée par le nombre annuel de jours consécutifs entre la date moyenne de la dernière température de 32 degrés F. au printemps (dernière gelée de printemps) et la date moyenne de la première température de 32 degrés F. à l'automne (première gelée d'automne).

Facteur calorifique annuel (carte 18)

Le facteur calorifique (nombre moyen de degrés-jours au-dessous de 65 degrés F.) se calcule quotidiennement de la façon suivante (20):

si $\overline{t} \geq 65$ $\quad x = 0$

$\overline{t} < 65$ $\quad x = 65 - \overline{t}$

où x = nombre de degrés-jours

$\overline{t}$ = température moyenne d'une journée

La valeur pour une période déterminée est la somme des valeurs quotidiennes pour cette période. Dans le Québec, aucun mois ne présente un facteur calorifique nul. Les valeurs de ce facteur sont évidemment minimales en juillet et maximales en janvier. La carte 18 du facteur calorifique annuel est basée sur les calculs effectués par le Service Météorologique du Canada (5) au moyen de la méthode de Thom (20). Cette carte offre surtout un intérêt pratique, les valeurs du facteur calorifique étant proportionnelles aux quantités de combustible requis pour maintenir dans les habitations des températures confortables.

PRECIPITATION

La section "précipitation" contient les cartes climatiques traitant de la pluie, de la neige, de la précipitation totale et de quantités dérivées (cartes 19 à 26). Pour la détermination de la hauteur de précipitation totale, on accepte généralement une densité relative de 0.1 pour la neige, de sorte que l'équivalent en hauteur d'eau s'obtient en divisant la hauteur de neige par 10.

Il a été nécessaire de compléter les données mensuelles de quelques stations de première classe (25 à 30 ans de données). Nous l'avons fait au moyen de méthodes statistiques simples (16).

Précipitations totales annuelles et leur variabilité (cartes 19 et 20)

Les cartes 19 et 20 constituent une analyse des précipitations totales: la carte 19 fait voir la répartition spatiale de la précipitation annuelle moyenne tandis que la carte 20 précise la façon dont les valeurs annuelles se distribuent autour de la moyenne.

On a démontré que le paramètre le plus satisfaisant, lorsqu'il s'agit de comparer les distributions des précipitations, est le coefficient de variation $V\sigma$ (14). On le définit ainsi:

$$V\sigma = 100 \frac{\sigma}{\mu}$$

où μ est la précipitation moyenne annuelle,

et σ est l'écart-type par rapport à cette moyenne.

Il serait bon de rappeler qu'un intervalle de deux écarts-types centré sur la moyenne groupe environ deux-tiers des valeurs individuelles.

De façon générale, les précipitations décroissent et leur variabilité augmente du sud au nord-ouest au Québec méridional. De plus, les régions de fortes précipitations sont ordinairement des régions de faible variabilité et vice-versa: ainsi, la région du Parc des Laurentides qui subit de fortes précipitations, connaît une faible variabilité. L'effet contraire, quoique présent, est cependant moins marqué. La variabilité a été calculée au moyen des valeurs annuelles de la période 1931-1960. Perrier (17) mentionne que la valeur du coefficient $V\sigma$ tend à se stabiliser pour des périodes de

30 ans ou plus. Tout de même, l'écart relatif de variabilité calculée pour une période de 30 ans est de l'ordre de 15 pour cent par rapport à une variabilité à long terme. L'écart entre le module pluviométrique annuel établi sur une période de 30 ans et la moyenne à long terme est d'environ deux pour cent.

Chute de neige annuelle et fraction nivale (cartes 21 et 22)

La chute de neige annuelle (carte 21) est le total annuel des précipitations mensuelles moyennes en neige. A ces moyennes sont attachés des écarts relatifs de l'ordre de 10 à 15 pour cent par rapport aux moyennes à long terme.

La fraction nivale ou nivosité (carte 22) est le pourcentage de la précipitation totale qui tombe sous forme de neige. L'écart relatif lié à cette valeur est assez grand, puisqu'il cumule à la fois les écarts relatifs sur les moyennes de neige et sur les moyennes de précipitation totale. On peut estimer cet écart à environ 20 pour cent.

En comparant les planches de précipitation totale, de chute de neige et de fraction nivale, on se rend compte que les mêmes régions connaissent à la fois les valeurs les plus élevées de précipitations totales, de chutes de neige annuelles et de fractions nivales: ce sont les massifs montagneux et les hauts plateaux exposés aux vents; leur altitude explique ces hautes valeurs de la fraction nivale.

Précipitations mensuelles (carte 23)

La carte 23 contient des diagrammes illustrant les variations

mensuelles des précipitations totales et des précipitations nivales. Ces diagrammes ont été construits à l'aide des valeurs calculées par le Service Météorologique du Canada (7). La répartition des précipitations mensuelles varie notablement d'une région à l'autre. Elles sont le plus souvent maximales en juin, en juillet ou en septembre, et minimales en février, en mars ou en avril; mais dans les régions les plus maritimes (Anticosti, îles de la Madeleine, côte sud de la Gaspésie), les maxima sont différés jusqu'en novembre et les minima se produisent en avril. Quelques stations du sud-ouest (Montréal-McGill, Montebello) affichent des répartitions mensuelles presque uniformes. A la plupart des stations, la précipitation en neige est maximale en janvier, mais à quelques-unes, elle l'est en décembre ou en février.

Précipitations maximales en 24 heures (cartes 24 et 25)

Les précipitations maximales en 24 heures avec retour de 10 ans (planche 24) et retour de 25 ans (planche 25) sont les plus grandes chutes de pluie de 24 heures susceptibles d'être égalées en moyenne une fois par 10 ans ou par 25 ans respectivement. Ces valeurs maximales ont été obtenues à partir des maxima annuels de pluie quotidienne, observés depuis le début de chaque station jusqu'à 1965 aux stations ayant au moins 13 ans consécutifs d'observation. Ce minimum de 13 ans est jugé nécessaire pour que l'ajustement statistique soit valable (11).

Les valeurs extrêmes annuelles de précipitation de 24 heures

ne sont pas distribuées normalement, leurs distributions de fréquence ayant une asymétrie positive. L'analyse de ces distributions s'est faite au moyen de la "double exponentielle" de Gumbel (13).

La présente analyse est basée sur les pluies maximales de la journée météorologique se terminant à 0800 heures. Cependant on est intéressé à connaître les maxima possibles pendant une période mobile de 24 heures, période qui couvre un orage complet ou ses parties les plus intenses. Weiss (25) a démontré qu'avec de telles périodes mobiles, les pluies maximales de 24 heures sont de 13 à 14 pour cent plus fortes que celles enregistrées sur une période fixe de 24 heures. On a donc augmenté de 14 pour cent les maxima obtenus par ajustement à la distribution de Gumbel lors de la préparation des cartes de précipitation maximum. Néanmoins, on estime l'écart relatif moyen à huit pour cent dans le cas de retour de 10 ans et à 15 pour cent dans le cas de 25 ans.

Déficit annuel d'écoulement (carte 26)

Le déficit moyen annuel d'écoulement (D) peut se définir de la façon suivante (19):

$$D = P - Q$$

où P est le module pluviométrique annuel sur un bassin,

et Q est l'écoulement ou drainage (somme du ruissellement et de la percolation) sur le bassin.

Pour une période suffisamment longue, le déficit d'écoule-

ment est à peu près égal à l'évapotranspiration d'un bassin car les variations de rétention de l'eau dans le bassin sont alors rendues négligeables par rapport aux autres termes du bilan hydrique.

Turc (22) a formulé le déficit d'écoulement de façon empirique, en fonction seulement de la précipitation totale annuelle (P) et de la température moyenne annuelle (T):

$$D = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

où $L = 300 + 25\ T + 0.05\ T^3$

D = déficit annuel moyen d'écoulement en mm de hauteur;

T = température moyenne annuelle sous abri en degrés C.;

P = précipitation moyenne annuelle en mm de hauteur.

L'écart relatif entre la valeur calculée et la valeur mesurée du déficit d'écoulement est de l'ordre de 10 à 20 pour cent (22). Puisque pour une longue période le déficit d'écoulement sur un bassin est proportionnel à l'évapotranspiration du bassin, on peut donc constater, d'après la carte de déficit d'écoulement, que l'évapotranspiration diminue du sud vers le nord.

INSOLATION

La carte 27 illustre la moyenne annuelle du nombre total d'heures d'insolation. A peine 25 stations ont pu servir à la préparation de cette carte. Cinq de ces stations sont situées à l'extérieur du Québec et parmi les 20 stations du Québec, sept seulement

ont des données couvrant la période complète de 1931 à 1960.

La carte 28 donne le rapport de la durée annuelle moyenne à la durée possible théorique de l'insolation.

Le pourcentage moyen d'insolation décroît avec la latitude. Les valeurs les plus élevées apparaissent au sud-ouest du Québec et au sud de la Gaspésie.

VENTS

Les cartes 29, 30 et 31 font voir les fréquences et directions des vents annuels, des vents d'hiver et des vents d'été à neuf stations du Québec méridional, pour la période 1949-1963. Les observations proviennent du "Monthly Records of Meteorological Observations in Canada" (4).

Les fréquences de direction du vent sont données pour les huit divisions principales de la rose des vents. Elles représentent le pourcentage d'observations du vent provenant de l'octant centré sur chacune des huit directions, indépendamment de la vitesse.

Le pourcentage de fréquence du vent provenant de chaque direction est illustré, sur les cartes, au moyen d'une ligne de longueur proportionnelle au pourcentage et tracée dans la direction d'où souffle le vent. Les pourcentages de temps calme sont indiqués à l'intérieur de chaque cercle d'équi-probabilité (12.5 pour cent) centré sur les stations.

Dans le Québec méridional, les vents proviennent en général du secteur ouest, suivant la circulation générale à nos latitudes.

Aux stations situées sur les rives du Saint-Laurent (Montréal, Québec et Mont-Joli), on note une prédominance des vents du sud-ouest et du nord-est, à cause de la tendance de l'air à se canaliser dans la vallée du Saint-Laurent.

CONCLUSION

Cette étude comporte, sous forme de cartes, un sommaire des principaux éléments climatiques pour le Québec méridional. Les éléments sont la température, la précipitation, l'insolation et le vent.

La qualité des moyennes utilisées à la préparation des cartes n'est pas uniforme selon les éléments météorologiques considérés. De plus, pour un élément donné, des variations de qualité sont encore possibles, dues surtout au fait que pour certaines régions, il a fallu utiliser des stations saisonnières ou ajuster de courtes périodes d'observation à la période normale. Les isolignes ont aussi été tracées avec une précision inégale. Elles sont en général plus précises au sud qu'au nord, puisqu'au sud, le réseau de stations est beaucoup plus dense.

Les cartes présentées ici pourront être utilisées avec profit par nombre de scientifiques et elles pourront servir à des études sur des aspects particuliers de la climatologie du Québec. Dans cet ordre d'idées, il serait peut-être possible d'élaborer une classification nouvelle des climats du Québec, à l'aide des cartes publiées ici et des travaux les plus récents sur la composition et la distri-

bution du couvert végétal au Québec.

REMERCIEMENTS

Les auteurs désirent remercier messieurs M. Hendler, ing., directeur des Services hydrologiques au ministère des Richesses naturelles du Québec, G.-O. Villeneuve, Ph.D., directeur du Service de Météorologie au même ministère et R. Perrier, M.A., du même service, pour leurs suggestions très utiles dans la préparation du présent travail et pour la revision du texte.

REFERENCES

1 - BRUCE, J.P. et J.G. Potter, 1957. The Accuracy of Precipitation Measurements. Proceeding of the third national meeting of the Royal Meteorological Society, Canadian Branch, Toronto. Vol. 8, No. 1.

2 - CHAPMAN, L.J. et D.M. Brown, 1964. Climatic Maps of the Agricultural Areas of Canada. Department of Physiography, Ontario Research Foundation.

3 - DIRECTION DE LA GEOGRAPHIE, 1957. Atlas du Canada. Ministère des Mines et des Relevés techniques, Ottawa, Canada.

4 - DIRECTION DE LA METEOROLOGIE, 1949 - 1963. The Monthly Records of Meteorological Observations. Ministère des Transports, Toronto, Canada.

5 - _____, 1964. Heating Degree-Day Normals below 65°F. CDS 5-64. Ministère des Transports, Toronto, Canada.

6 - _____, 1964. Temperature Normals for Quebec. CDS 7-64. Ministère des Transports, Toronto, Canada.

7 - _____, 1965. Precipitation Normals for Quebec. CDS 10-65. Ministère des Transports, Toronto, Canada.

8 - _____, 1966. Supplementary Temperature Normals 1931-1960. CDS 13-65. Ministère des Transports, Toronto, Canada.

9 - _____, 1966. Temperature Extremes. CDS 7-66. Ministère des Transports, Toronto, Canada.

10 - GAGNON, R.-M. et M.-G. Ferland, 1967. Le climat du Québec septentrional. Bul. MP-10. Service de Météorologie, ministère des Richesses naturelles, Québec.

11 - GUMBEL, E.J., 1954. Statistical Theory of Extreme Values and Some Practical Applications. Applied Maths, Series 33. National Bureau of Standards, U.S. Department of Commerce.

12 - HARE, F.K., R.W. Longley and al., 1953. The Climate of Quebec and Labrador. Direction de la Météorologie, ministère des Transports, Toronto, Canada.

13 - KENDALL, G.R., 1959. Statistical Analysis of Extreme Values. Proceedings of hydrology symposium No. 1, Spillway Design Floods, National Research Council, Ottawa. pp. 54-79.

14 - LONGLEY, R.W., 1952. Measures of the Variability of Precipitation. Monthly Weather Review, Vol. 80, No. 7.

15 - ORGANISATION METEOROLOGIQUE MONDIALE, 1960. Guide des pratiques climatologiques. OMM - No. 100, T.P. 44. Genève.

16 - PAULHUS, J.L.H. et M.A. Kohler, 1952. Interpolation of Missing Precipitation Records. Monthly Weather Review, Vol. 80, No. 8.

17 - PERRIER, R., 1963. Variabilité des précipitations à Duchesnay, comté de Portneuf. Bul. no M-8. Service de Météorologie, ministère des Richesses naturelles, Québec.

18 - _____, 1967. Probabilités de gel au Québec. Service de Météorologie, ministère des Richesses naturelles, Québec (en préparation).

19 - REMENIERAS, G., 1965. L'hydrologie de l'ingénieur. Collection du Centre de Recherches et d'Essais de Chatou, Eyrolles, Paris.

20 - THOM, H.C.S., 1952. Seasonal Degree-Day Statistics for the United States. Monthly Weather Review, Vol. 80, No. 9.

21 - THOMAS, M.K., 1953. Climatological Atlas of Canada. Conseil national de Recherches, no 3151. Conseil des Recherches pour la Défense, no 41. Ottawa.

22 - TURC, L., 1961. Evaluation des besoins en eau d'irrigation; évapotranspiration potentielle. Ann. Agr. 12.

23 - VILLENEUVE, G.-O., 1946. Climatic Conditions of the Province of Quebec and their Relationship to the Forests. Bureau de Météorologie, ministère des Terres et Forêts, Québec.

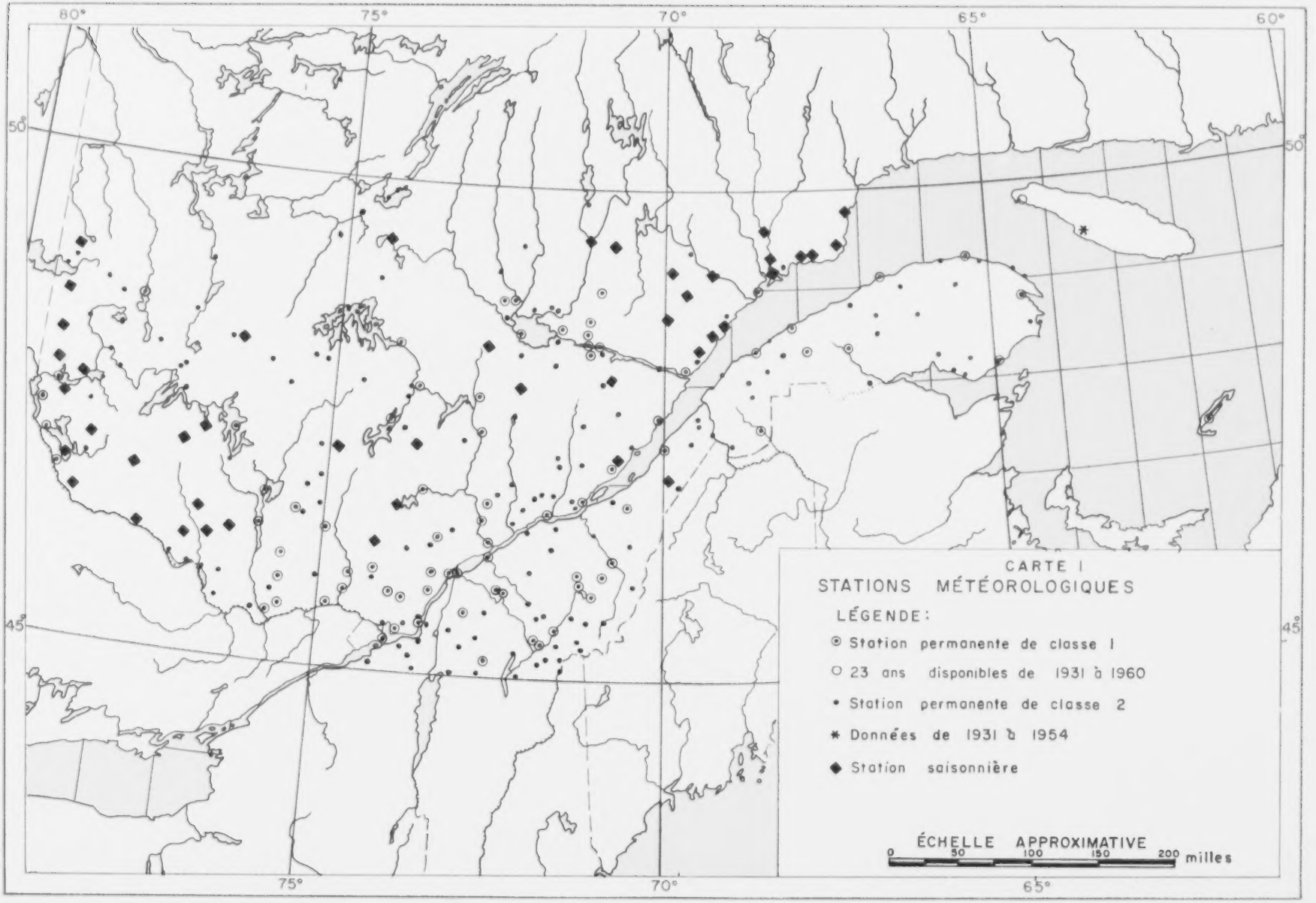
24 - _____, 1966. Aperçu climatique des Iles-de-la-Madeleine. Bul. M-21. Service de Météorologie, ministère des Richesses naturelles, Québec.

25 - WEISS, L., 1964. Ratio of True to Fixed-Interval Maximum Rainfall. Journal of the Hydraulics Division, January 1964. pp. 77-82.

APPENDICE

CARTE 1 - Stations météorologiques

Position géographique et type des stations utilisées.


80°
75°
70°
65°
60°
50°
45°
CARTE I
STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES
LÉGENDE:
Station permanente de classe 1
23 ans disponibles de 1931 à 1960
Station permanente de classe 2
Données de 1931 à 1954
Station saisonnière
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

LES TEMPÉRATURES

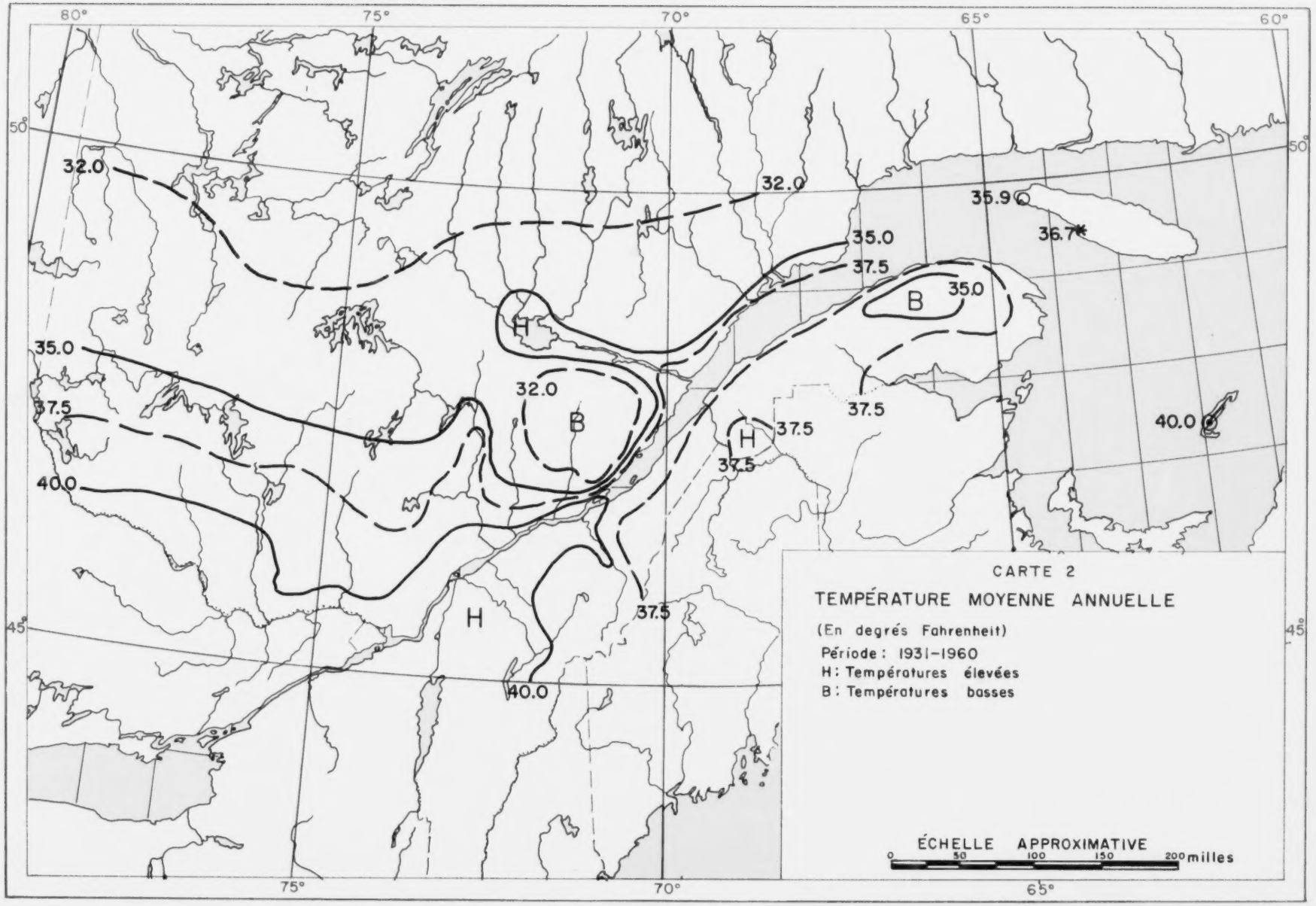
THERMOMETRIE

Les valeurs de température utilisées proviennent toutes de lectures prises dans l'abri météorologique (abri de Stevenson) à 45 pouces de la surface du sol. Les cartes traitant du gel sont basées sur des valeurs thermométriques de 32 degrés F. dans l'abri. De même, la carte préparée à l'aide des degrés-jours au-dessous de 65 degrés F. (facteur calorifique annuel) est basée sur des températures moyennes quotidiennes de 65 degrés F. dans l'abri.

Chaque station où s'effectuent des relevés de température, est équipée d'un thermomètre à maximum, au mercure, et d'un thermomètre à minimum, à l'alcool. Aux stations synoptiques, on trouve les valeurs maximum et minimum de la température, pour chaque jour se terminant à 0600 heures (T.U.) ou à l'heure de lecture la plus rapprochée. Aux stations climatologiques, les températures maximales et minimales sont lues respectivement à 8 heures et à 18 heures (H.N.). On obtient la température moyenne du jour en calculant la moyenne du minimum et du maximum observés.

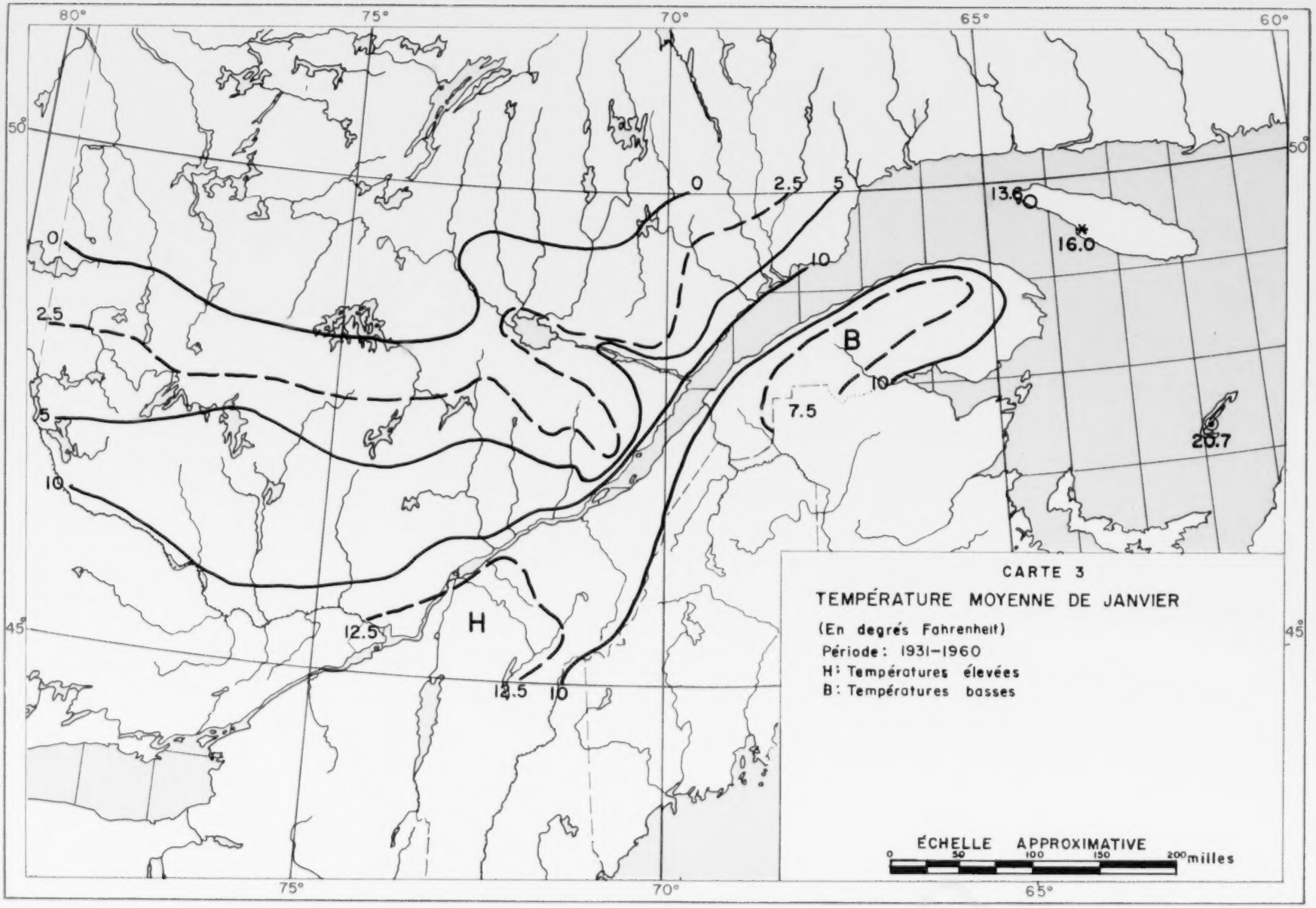
CARTE 2 - Température moyenne annuelle

Moyenne annuelle des températures moyennes quotidiennes. La température moyenne quotidienne est la moyenne des températures maximale et minimale du jour.


80°
75°
70°
65°
60°
50°
45°
32.0
32.0
35.9
36.7
35.0
37.5
35.0
B
35.0
37.5
32.0
B
37.5
37.5
H
37.5
37.5
40.0
40.0
H
37.5
40.0
CARTE 2
TEMPÉRATURE MOYENNE ANNUELLE
(En degrés Fahrenheit)
Période : 1931-1960
H : Températures élevées
B : Températures basses
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

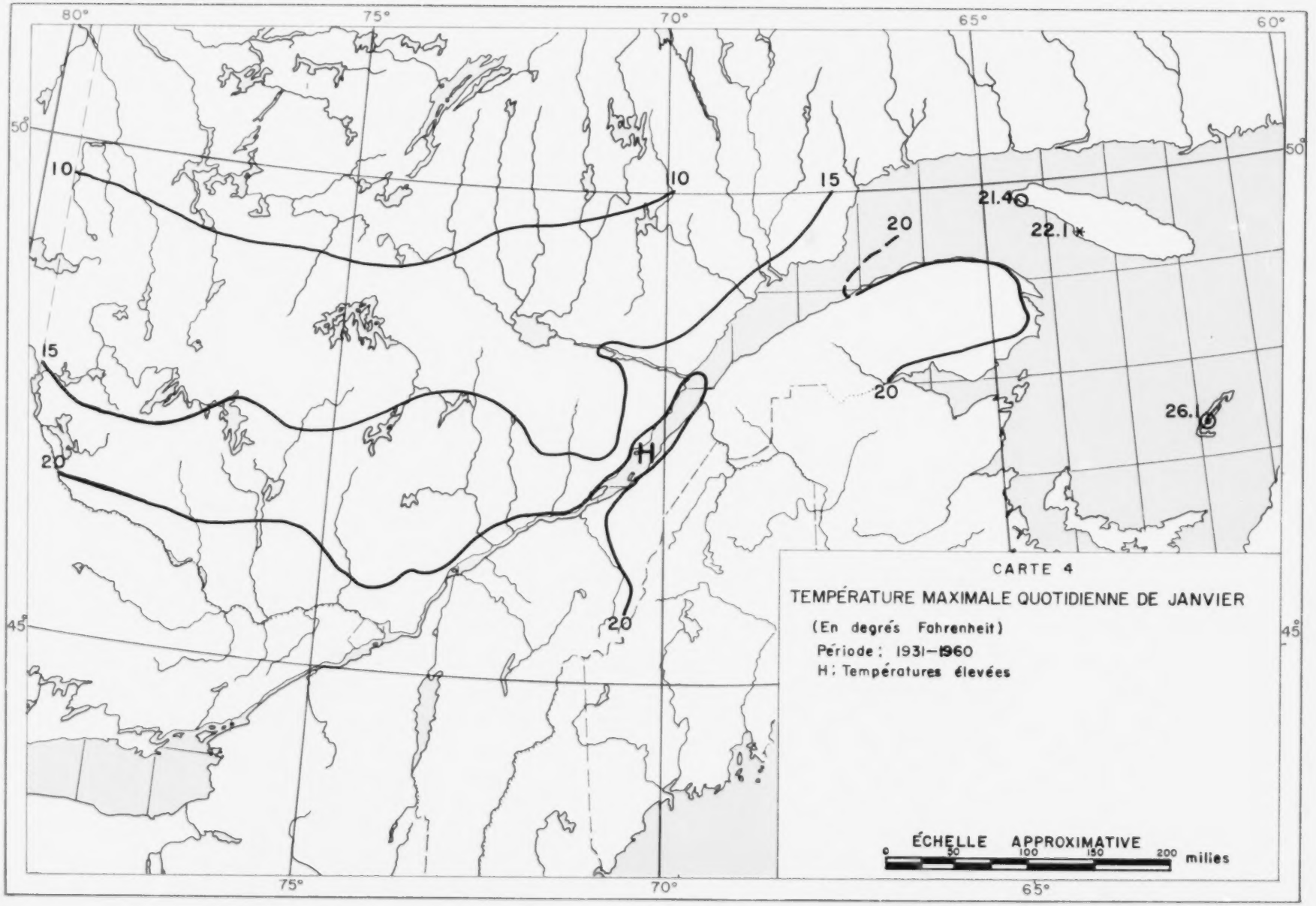
CARTE 3 - Température moyenne de janvier

Moyenne des températures moyennes quotidiennes de janvier. La température moyenne quotidienne est la moyenne des températures maximale et minimale du jour.


80°
75°
70°
65°
60°
50°
45°
0
2.5
5
10
12.5
13.6
16.0
20.7
7.5
B
H
CARTE 3
TEMPÉRATURE MOYENNE DE JANVIER
(En degrés Fahrenheit)
Période: 1931–1960
H: Températures élevées
B: Températures basses
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

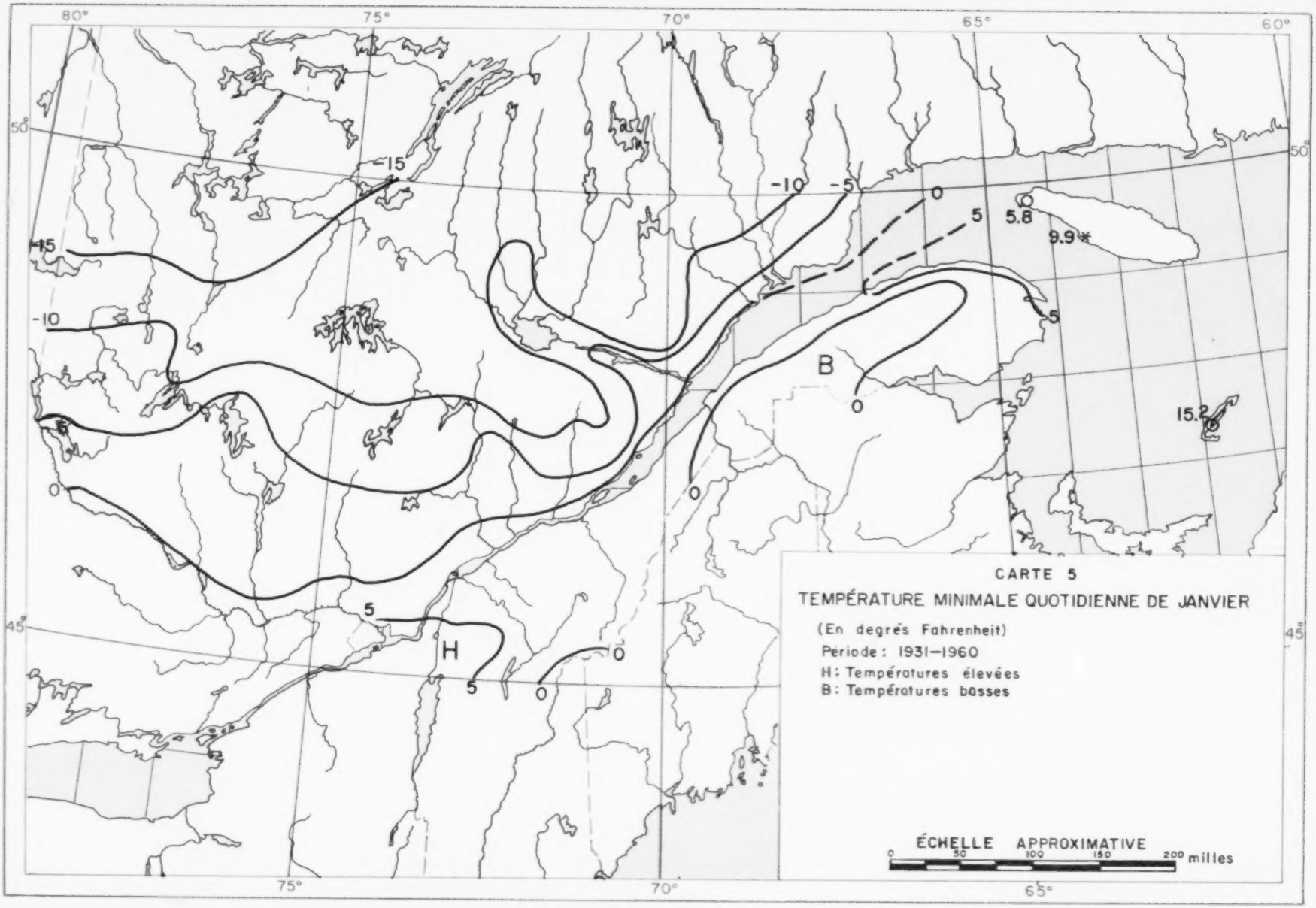
CARTE 4 - Température maximale quotidienne de janvier

Moyenne des températures maximales enregistrées quotidiennement en janvier.


80°
75°
70°
65°
60°
50°
45°
10
10
15
20
21.4
22.1
15
20
20
26.1
H
20
CARTE 4
TEMPÉRATURE MAXIMALE QUOTIDIENNE DE JANVIER
(En degrés Fahrenheit)
Période : 1931–1960
H : Températures élevées
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

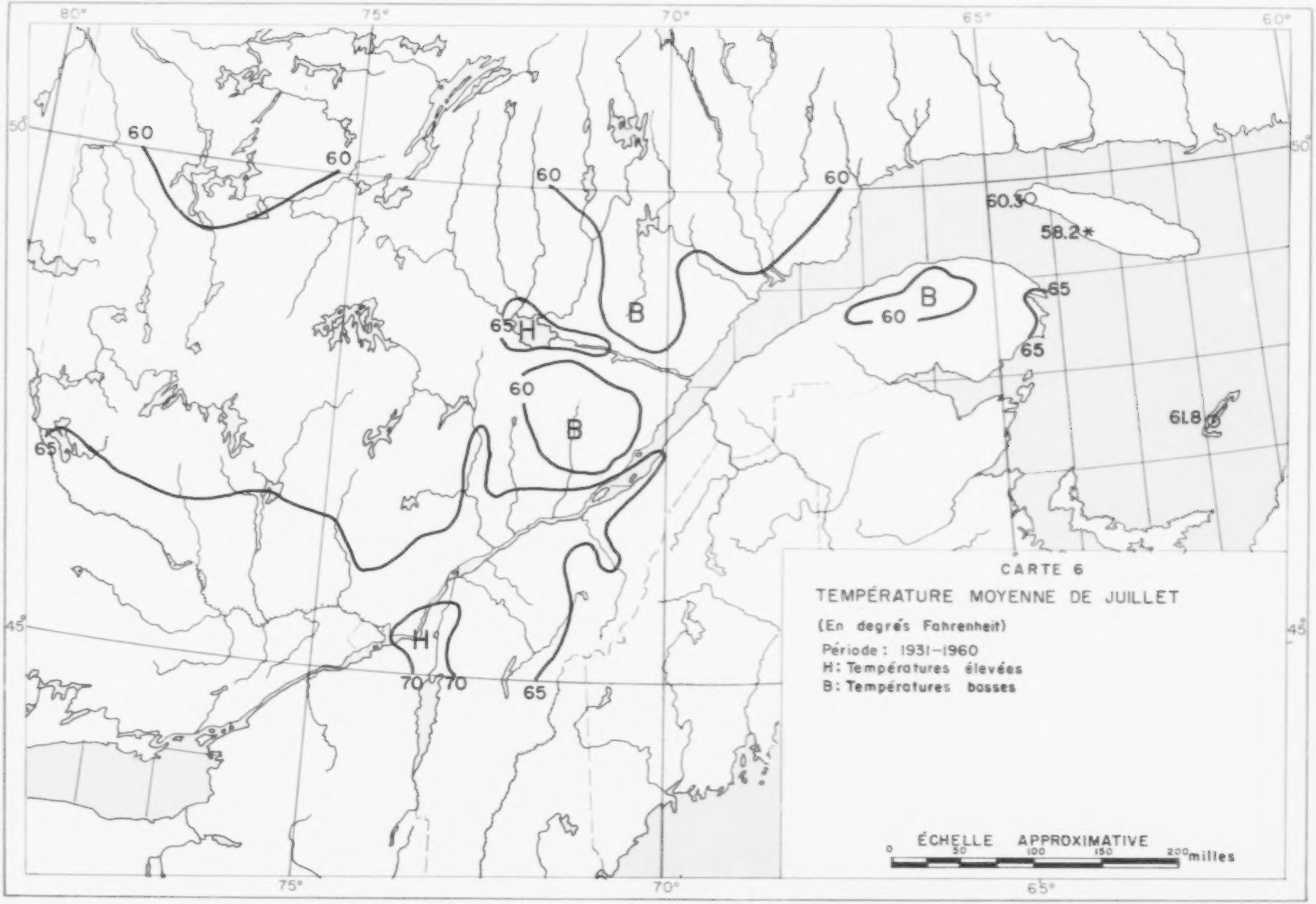
CARTE 5 - Température minimale quotidienne de janvier

Moyenne des températures minimales enregistrées quotidiennement en janvier.


80°
75°
70°
65°
60°
50°
45°
-15
-10
-5
0
5
5.8
9.9
15.2
B
H
CARTE 5
TEMPÉRATURE MINIMALE QUOTIDIENNE DE JANVIER
(En degrés Fahrenheit)
Periode : 1931–1960
H : Températures élevées
B : Températures basses
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

CARTE 6 - Température moyenne de juillet

Moyenne des températures moyennes quotidiennes de juillet. La température moyenne quotidienne est la moyenne des températures maximale et minimale du jour.



CARTE 6

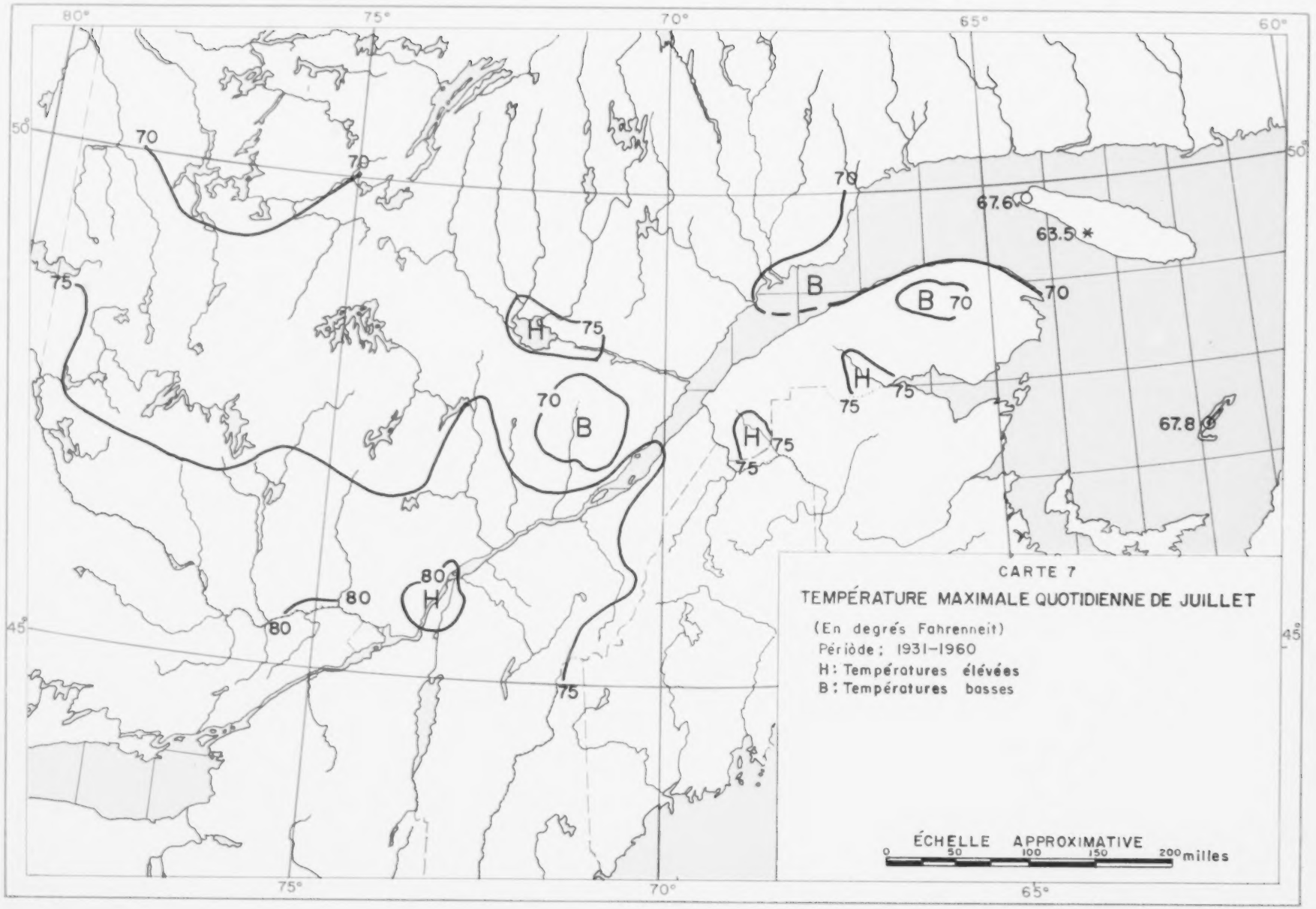
TEMPÉRATURE MOYENNE DE JUILLET

(En degrés Fahrenheit)

Période : 1931-1960
H : Températures élevées
B : Températures basses

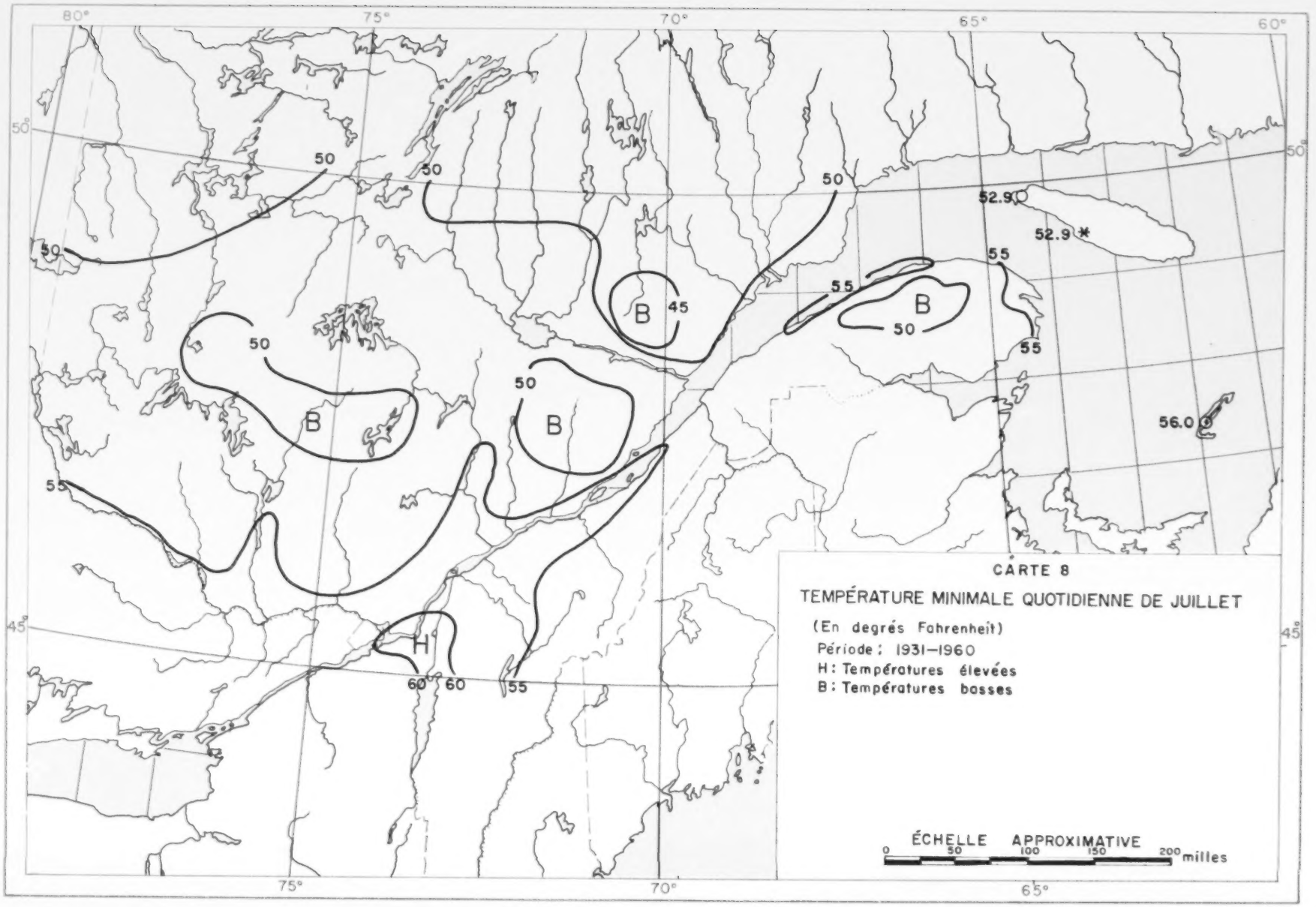
CARTE 7 - Température maximale quotidienne de juillet

Moyenne des températures maximales enregistrées quotidiennement en juillet.


80°
75°
70°
65°
60°
50°
45°
70
75
H
B
67.6
63.5 *
67.8
80
CARTE 7
TEMPÉRATURE MAXIMALE QUOTIDIENNE DE JUILLET
(En degrés Fahrenheit)
Période ; 1931–1960
H : Températures élevées
B : Températures basses
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

CARTE 8 - Température minimale quotidienne de juillet

Moyenne des températures minimales enregistrées quotidiennement en juillet.



CARTE 8

TEMPÉRATURE MINIMALE QUOTIDIENNE DE JUILLET

(En degrés Fahrenheit)

Période : 1931–1960

H : Températures élevées

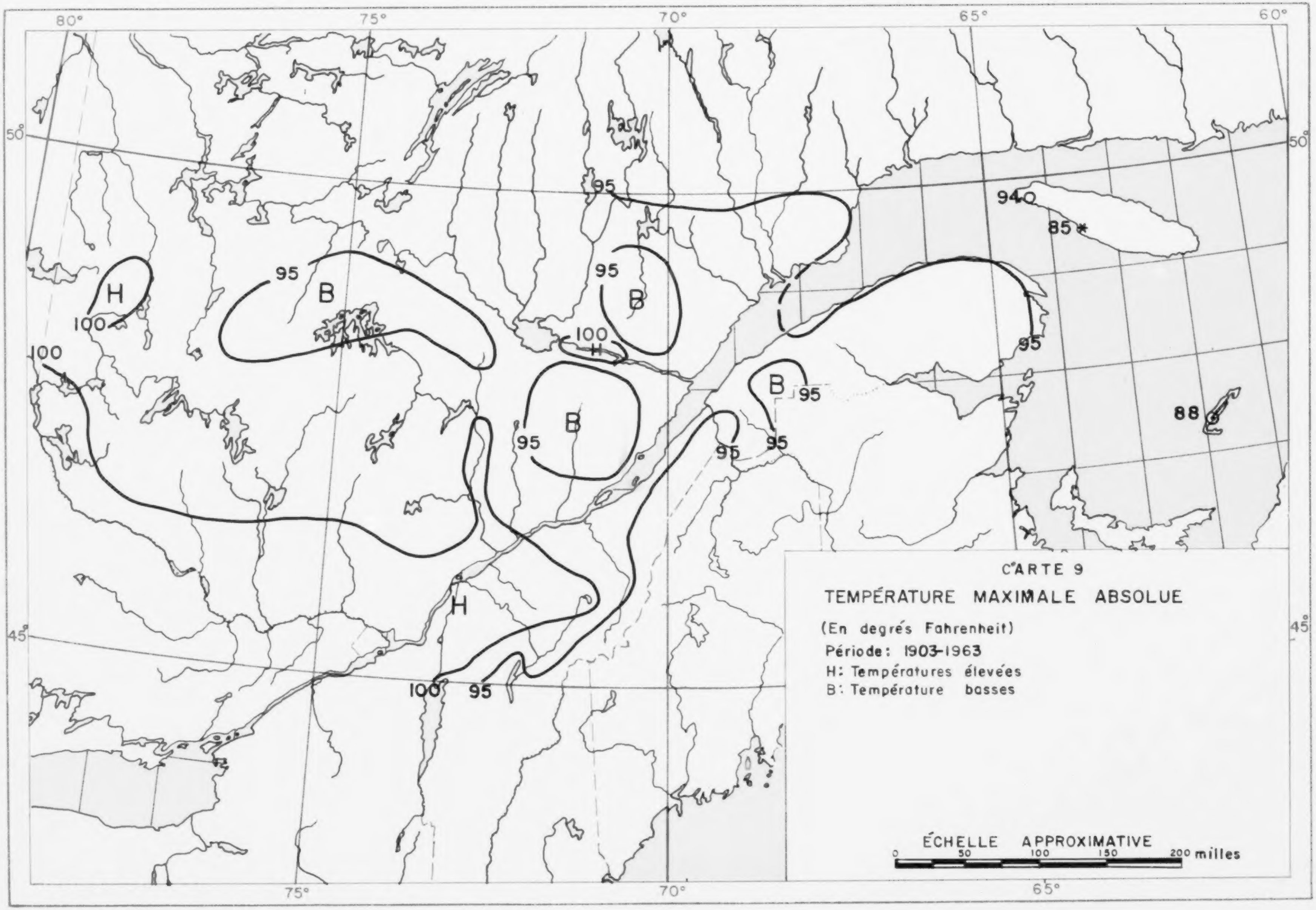
B : Températures basses

ÉCHELLE APPROXIMATIVE

0 50 100 150 200 milles

CARTE 9 - Température maximale absolue

La plus haute température jamais enregistrée au cours de la période d'observation.



CARTE 9

TEMPÉRATURE MAXIMALE ABSOLUE

(En degrés Fahrenheit)

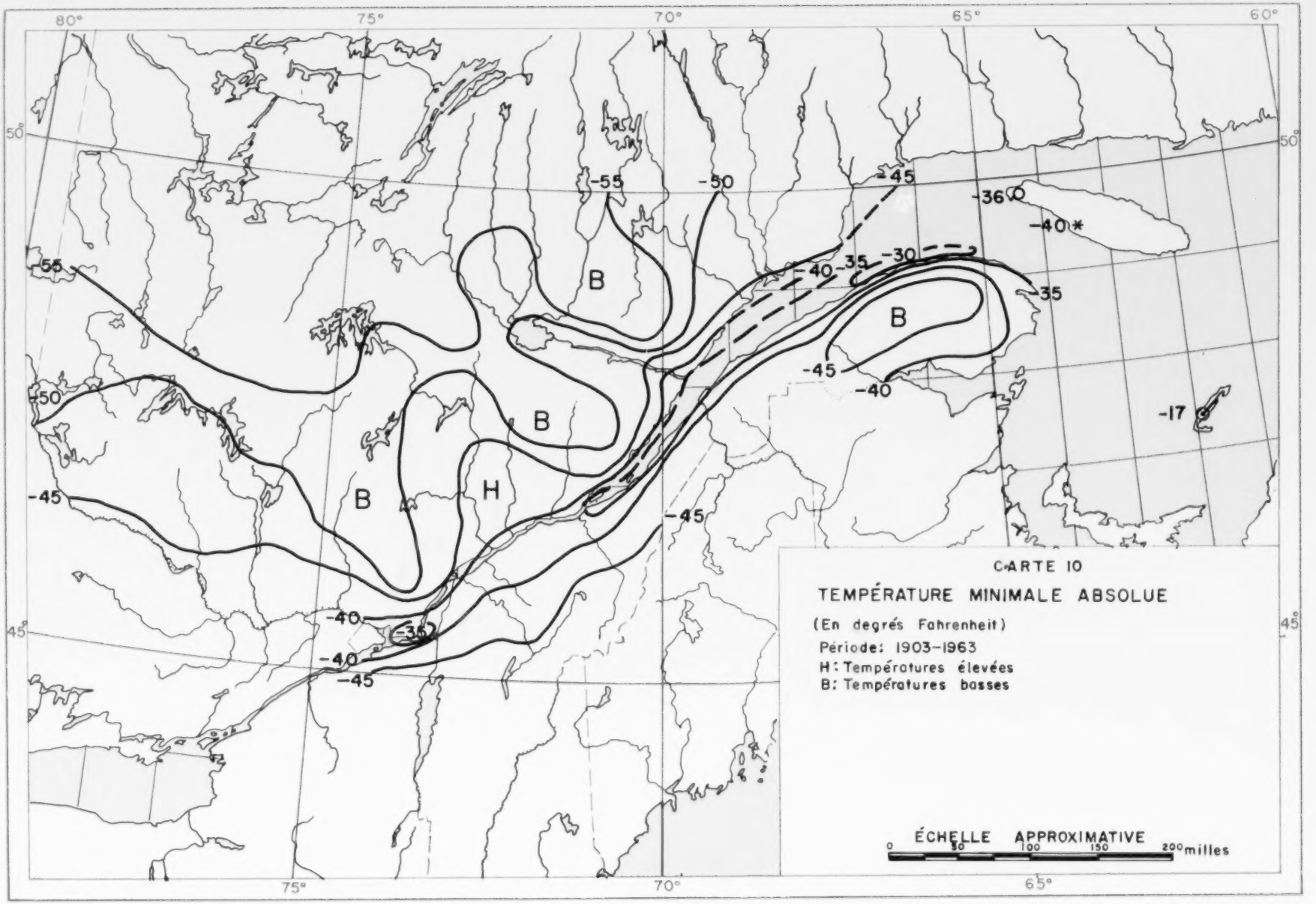
Période: 1903-1963

H: Températures élevées

B: Température basses

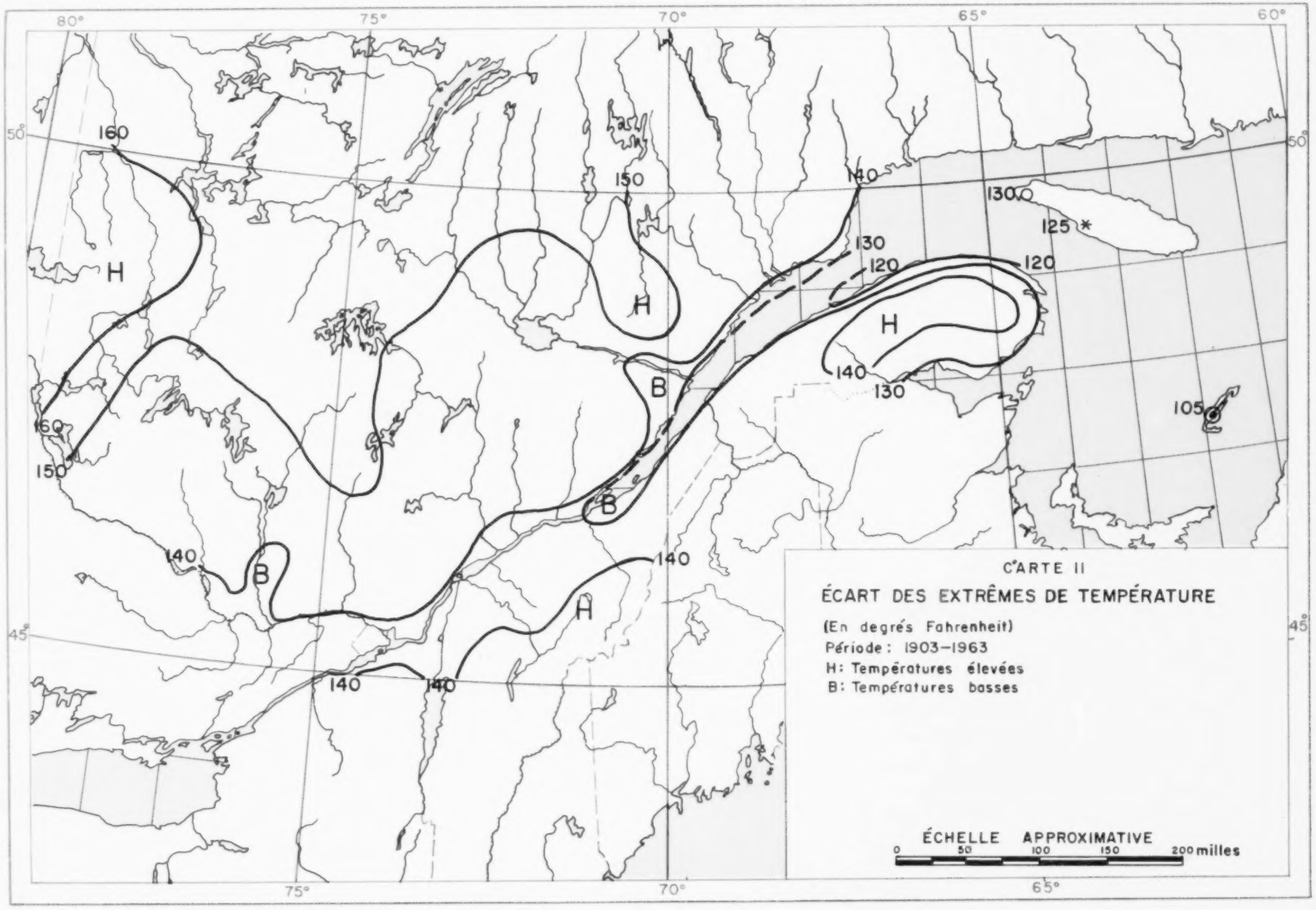
CARTE 10 - Température minimale absolue

La plus basse température jamais enregistrée
au cours de la période d'observation.


80°
75°
70°
65°
60°
50°
45°
-55
-50
-45
-36
-40
-35
-30
-17
B
H
CARTE 10
TEMPÉRATURE MINIMALE ABSOLUE
(En degrés Fahrenheit)
Période: 1903-1963
H: Températures élevées
B: Températures basses
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

CARTE 11 - Ecart des extrêmes de températures

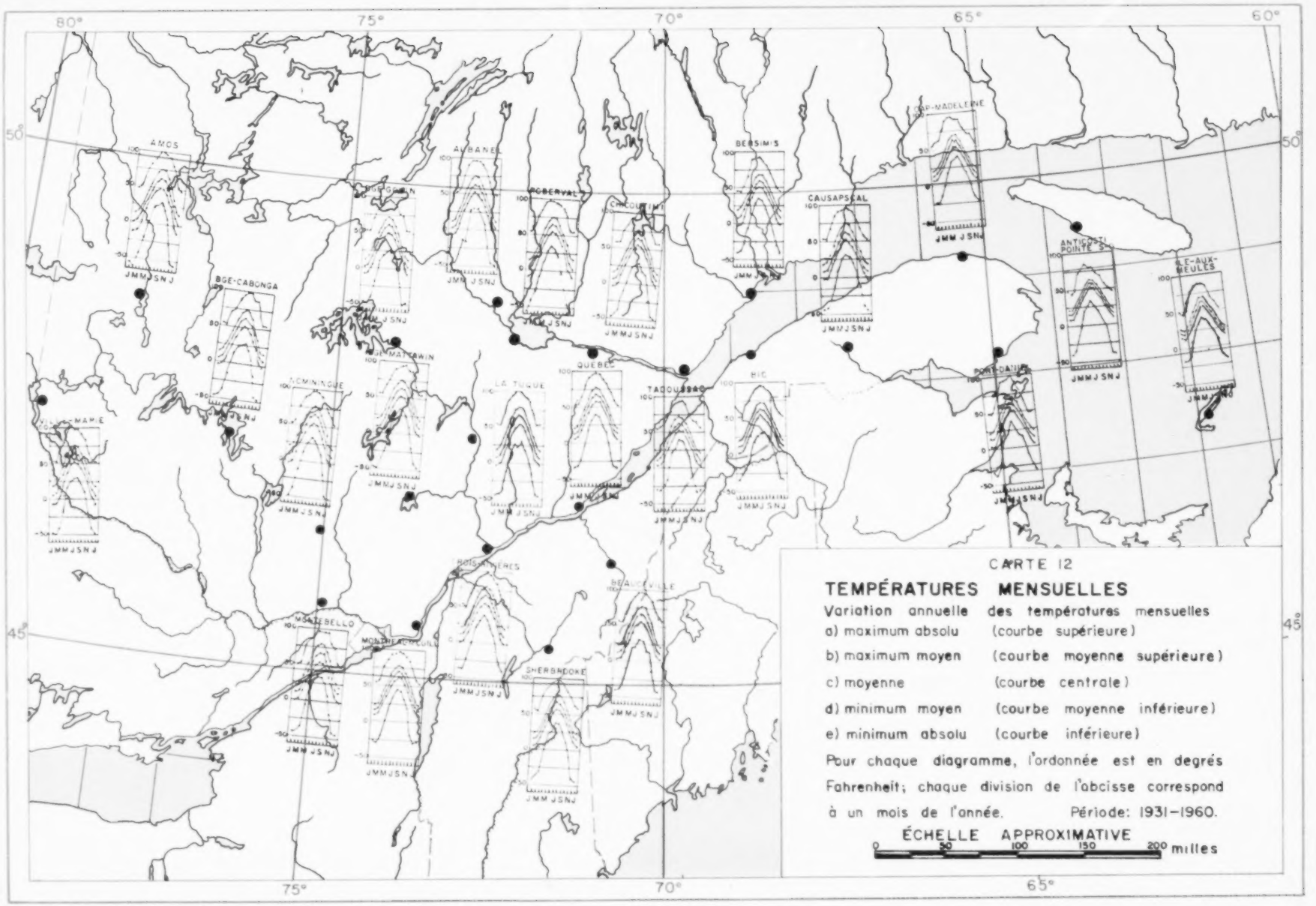
La différence algébrique des températures minimale et maximale absolues observées.


80°
75°
70°
65°
60°
50°
45°
160
150
140
130
120
105
125 *
H
B
CARTE II
ÉCART DES EXTRÊMES DE TEMPÉRATURE
(En degrés Fahrenheit)
Période : 1903–1963
H : Températures élevées
B : Températures basses
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

CARTE 12 - Températures mensuelles

Diagrammes montrant, en fonction du mois de l'année,

a) la plus haute température jamais enregistrée dans ce mois;
b) la moyenne des températures maximales quotidiennes de ce mois;
c) la température moyenne du mois;
d) la moyenne des températures minimales quotidiennes de ce mois;
e) la plus basse température jamais enregistrée dans ce mois.



CARTE 12

TEMPÉRATURES MENSUELLES

Variation annuelle des températures mensuelles

a) maximum absolu (courbe supérieure)

b) maximum moyen (courbe moyenne supérieure)

c) moyenne (courbe centrale)

d) minimum moyen (courbe moyenne inférieure)

e) minimum absolu (courbe inférieure)

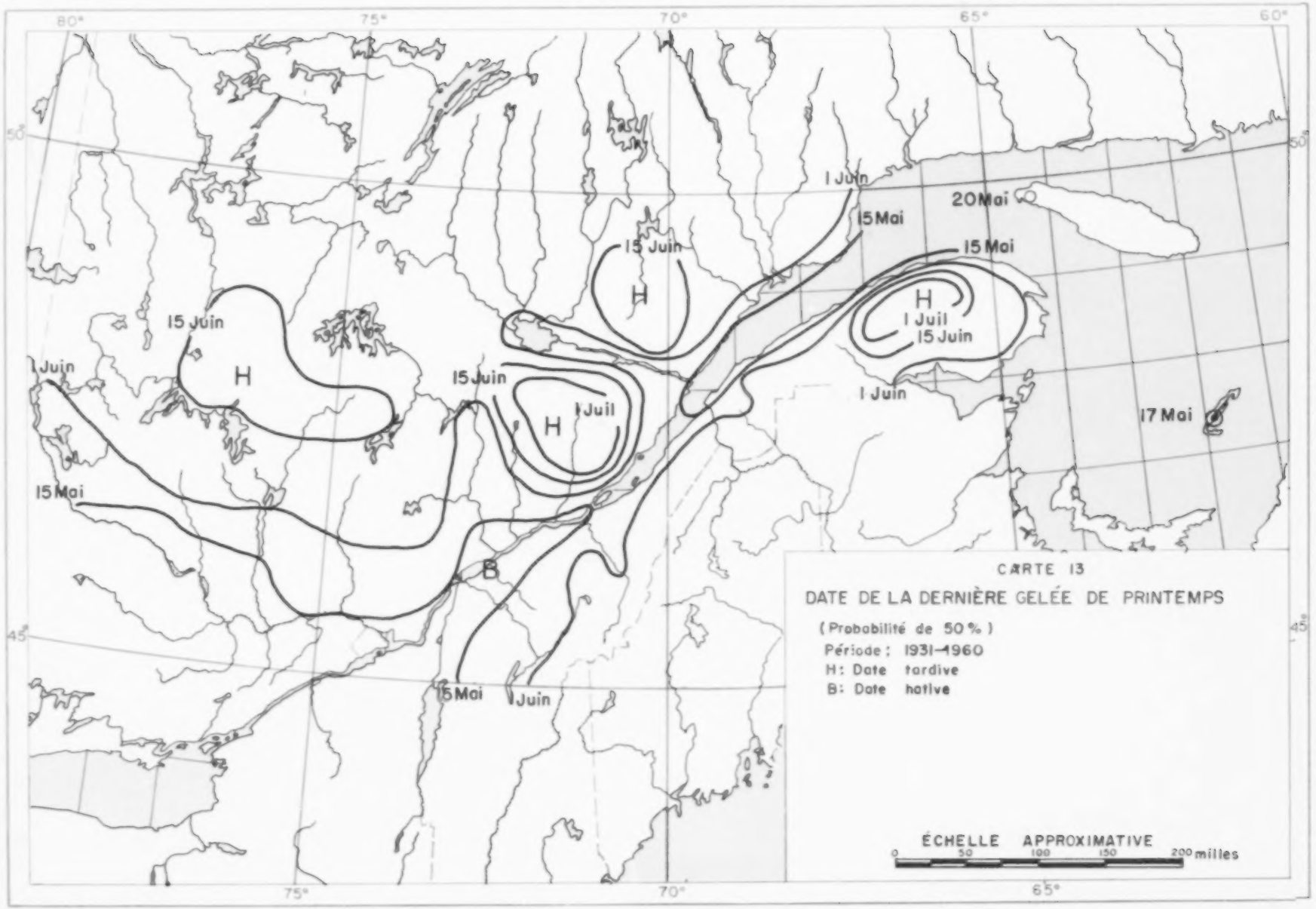
Pour chaque diagramme, l'ordonnée est en degrés Fahrenheit; chaque division de l'abcisse correspond à un mois de l'année. Période: 1931–1960.

ÉCHELLE APPROXIMATIVE

0 50 100 150 200 milles

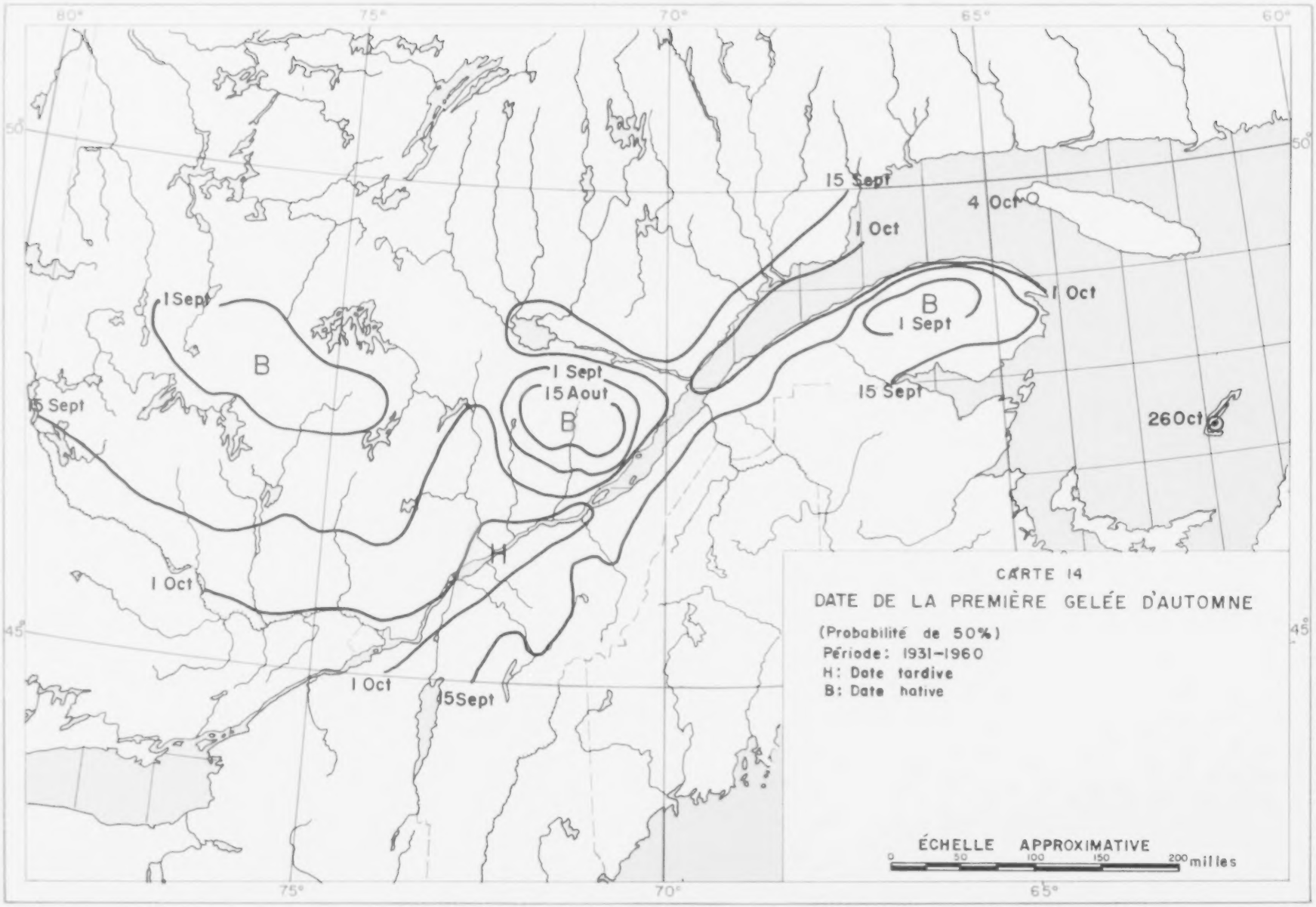
CARTE 13 - Date de la dernière gelée de printemps (probabilité de 50 pour cent)

Une température minimale quotidienne inférieure ou égale à 32 degrés F. se produit en moyenne une année sur deux après cette date.


80°
75°
70°
65°
60°
50°
45°
1 Juin
20 Mai
15 Mai
15 Juin
15 Mai
H
15 Juin
H
1 Juil
15 Juin
15 Juin
1 Juin
H
15 Juin
H
1 Juil
1 Juin
17 Mai
15 Mai
B
15 Mai
1 Juin
CARTE 13
DATE DE LA DERNIÈRE GELÉE DE PRINTEMPS
(Probabilité de 50 %)
Période : 1931–1960
H: Date tardive
B: Date hative
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

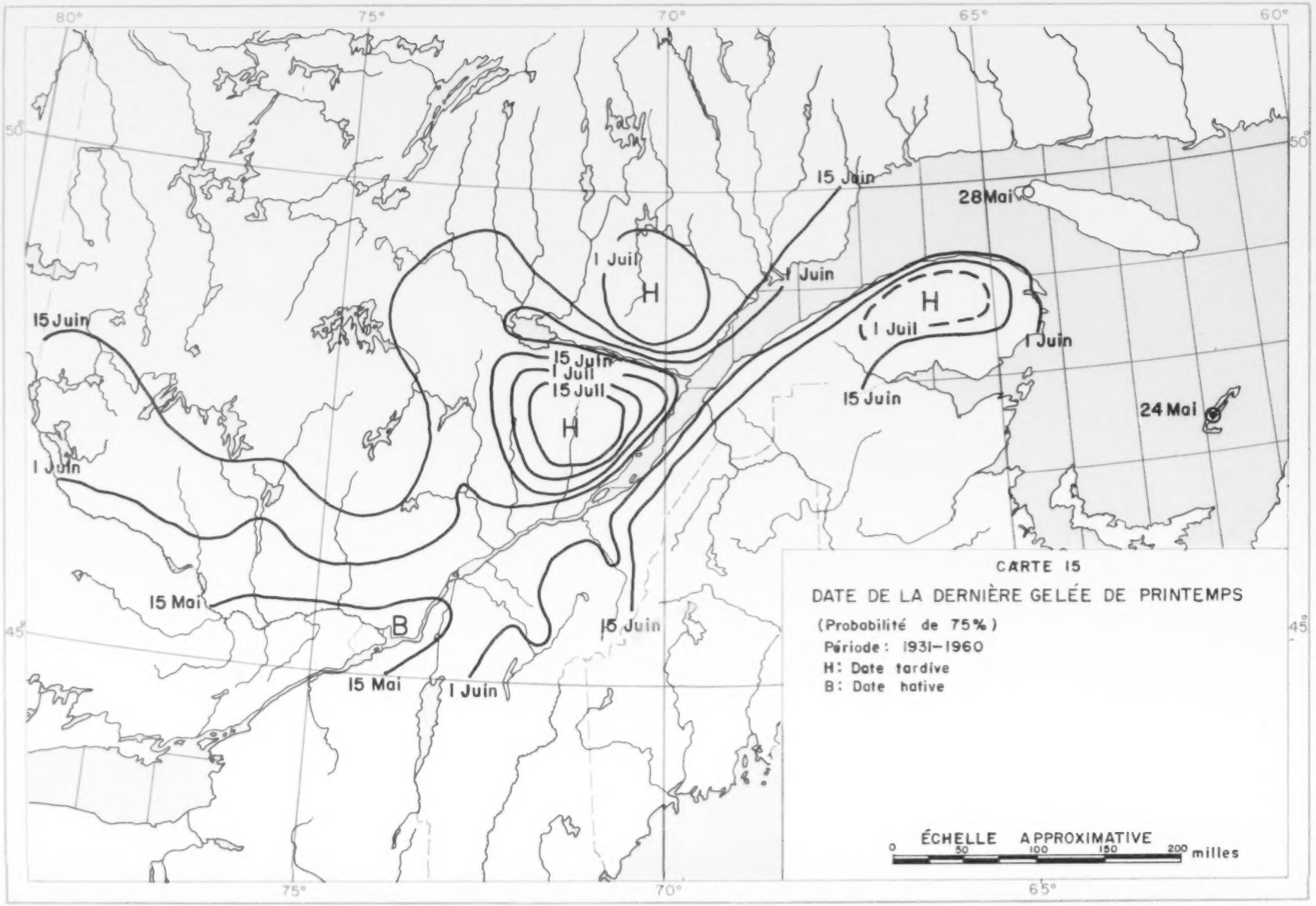
CARTE 14 - Date de la première gelée d'automne (probabilité de 50 pour cent)

Une température minimale quotidienne inférieure ou égale à 32 degrés F. se produit en moyenne une année sur deux avant cette date.


80°
75°
70°
65°
60°
50°
45°
15 Sept
4 Oct
1 Oct
1 Oct
B
1 Sept
1 Sept
B
15 Sept
1 Sept
15 Aout
B
15 Sept
26 Oct
H
1 Oct
1 Oct
15 Sept
CARTE 14
DATE DE LA PREMIÈRE GELÉE D'AUTOMNE
(Probabilité de 50%)
Période: 1931-1960
H: Date tardive
B: Date hative
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

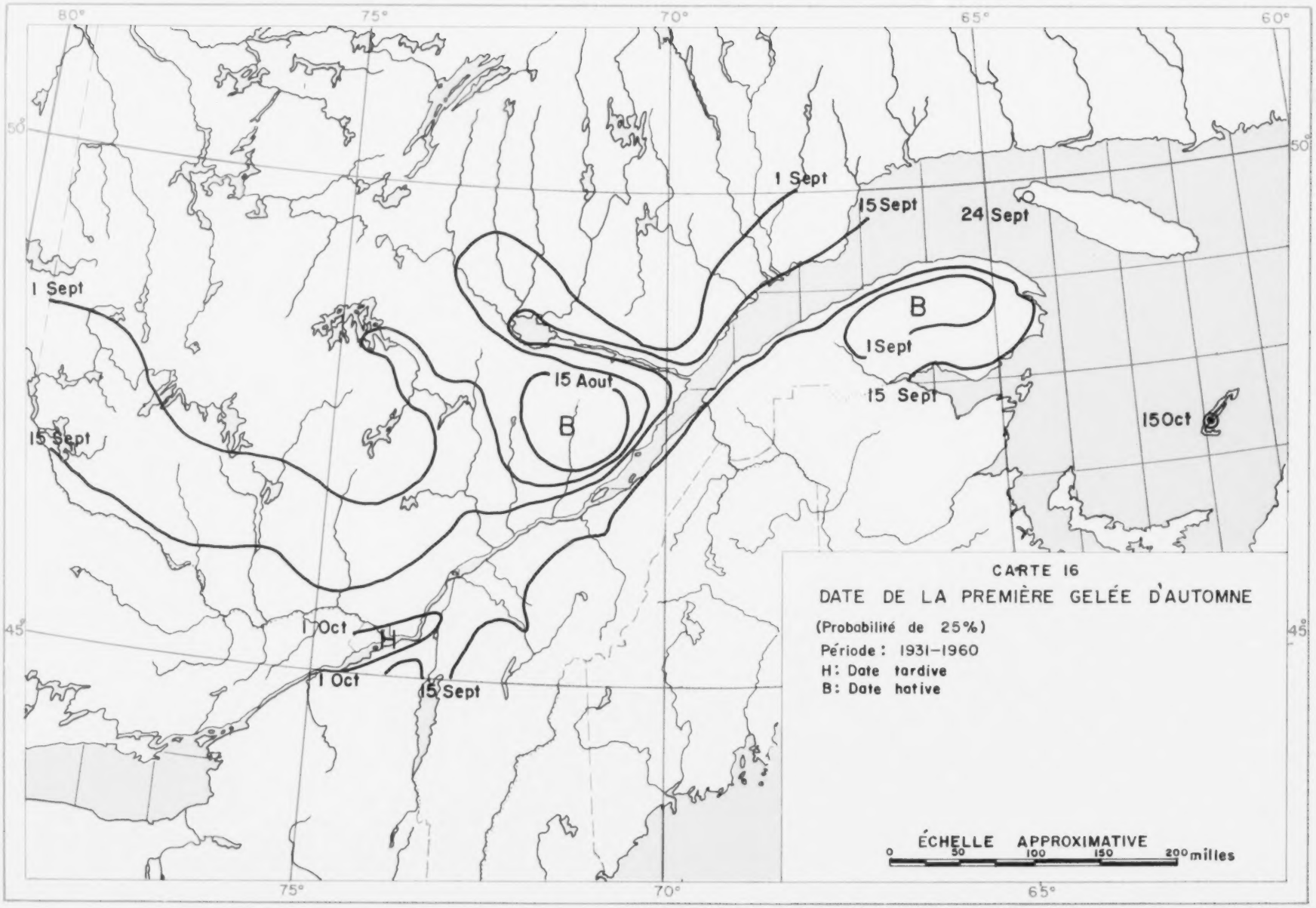
CARTE 15 - Date de la dernière gelée de printemps (probabilité de 75 pour cent)

Une température minimale quotidienne inférieure ou égale à 32 degrés F. se produit en moyenne une année sur quatre après la date indiquée.


80°
75°
70°
65°
60°
50°
45°
15 Juin
28 Mai
1 Juil
1 Juin
H
15 Juin
1 Juil
15 Juin
1 Juil
15 Juil
H
1 Juin
H
1 Juil
1 Juin
15 Juin
24 Mai
1 Juin
15 Mai
B
15 Juin
15 Mai
1 Juin
CARTE 15
DATE DE LA DERNIÈRE GELÉE DE PRINTEMPS
(Probabilité de 75%)
Période: 1931–1960
H: Date tardive
B: Date hative
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

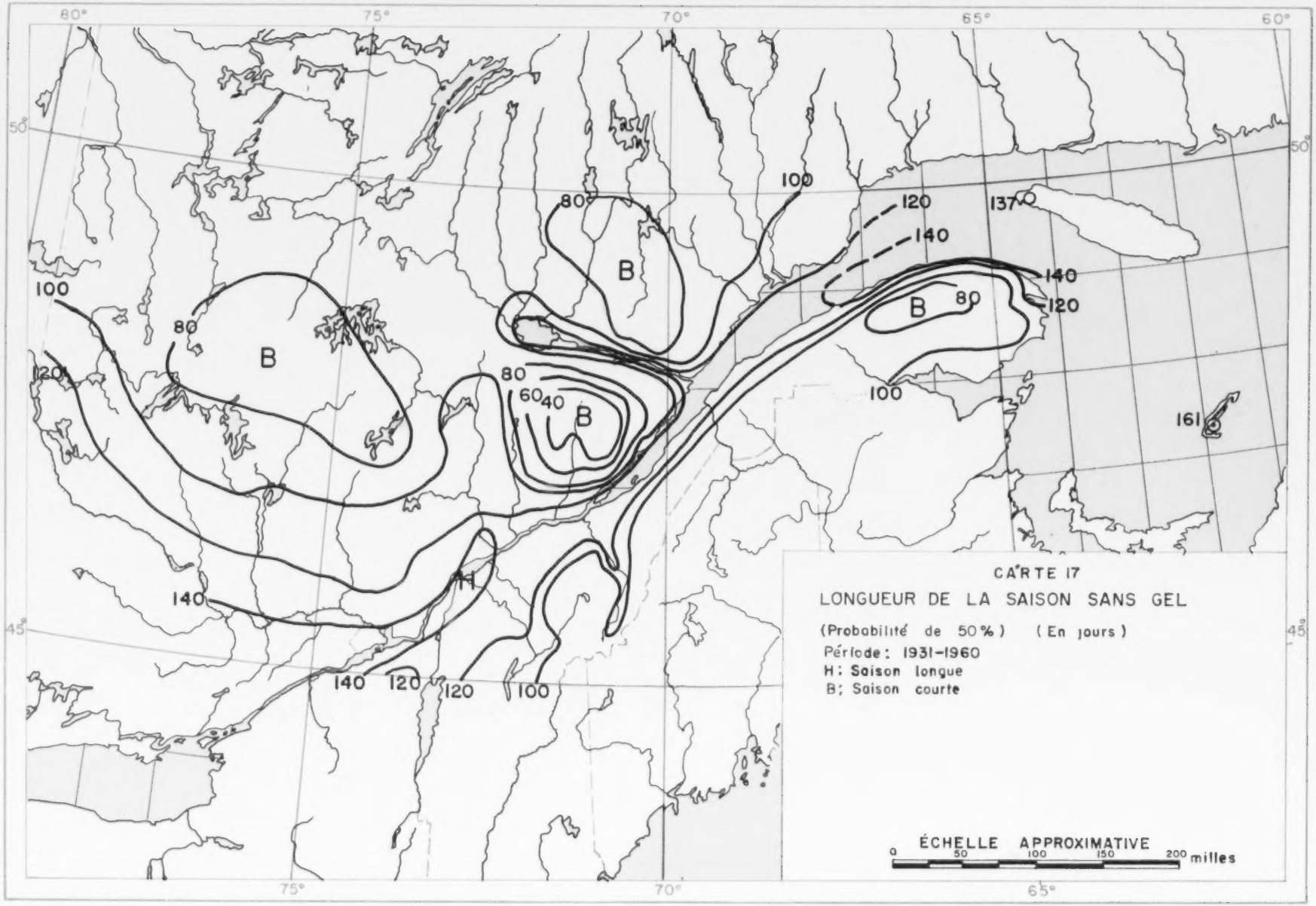
CARTE 16 - Date de la première gelée d'automne
(probabilité de 25 pour cent)

Une température minimale quotidienne inférieure ou égale à 32 degrés F. se produit en moyenne une année sur quatre avant la date indiquée.


80°
75°
70°
65°
60°
50°
45°
1 Sept
15 Sept
24 Sept
1 Sept
B
1 Sept
15 Aout
B
15 Sept
15 Sept
15 Oct
1 Oct
H
1 Oct
15 Sept
CARTE 16
DATE DE LA PREMIÈRE GELÉE D'AUTOMNE
(Probabilité de 25%)
Période : 1931–1960
H : Date tardive
B : Date hative
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

CARTE 17 - Longueur de la saison sans gel

Longueur moyenne de la période où la température minimale quotidienne demeure plus élevée que 32 degrés F.

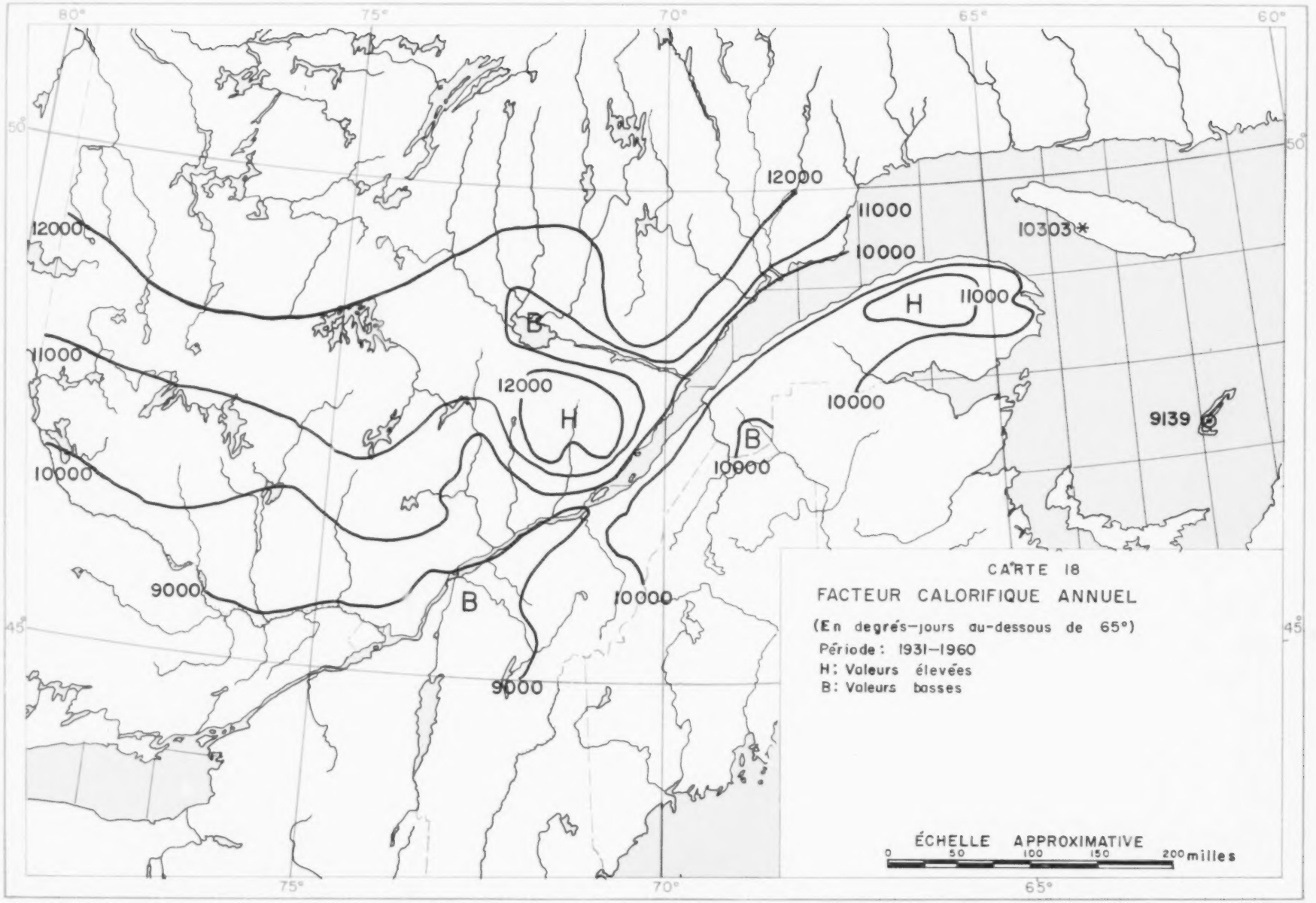

80°
75°
70°
65°
60°
50°
45°
100
120
140
137
80
B
60
40
161
CARTE 17
LONGUEUR DE LA SAISON SANS GEL
(Probabilité de 50%) (En jours)
Période: 1931-1960
H: Saison longue
B; Saison courte
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

CARTE 18 - Facteur calorifique annuel

Nombre annuel moyen de degrés-jours au-dessous de 65 degrés F. Le calcul des degrés-jours (n) est basé uniquement sur la valeur de la température moyenne quotidienne (T_m).

Si $T_m \geq 65°F.$, $n = 0$; si $T_m < 65°F.$, $n = 65 - T_m$

La somme des valeurs quotidiennes pour une année donne le nombre total annuel de degrés-jours.


80°
75°
70°
65°
60°
50°
45°
12000
11000
10000
9000
H
B
10303*
9139
CARTE 18
FACTEUR CALORIFIQUE ANNUEL
(En degrés-jours au-dessous de 65°)
Période : 1931-1960
H : Valeurs élevées
B : Valeurs basses
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

LES PRÉCIPITATIONS

PLUVIOMETRIE

La hauteur de chute de pluie se mesure directement en centièmes de pouce au moyen du pluviomètre standard. La hauteur des chutes de neige se mesure en dizièmes de pouce au moyen d'une table à neige et d'une règle. Lorsqu'il s'agit d'obtenir les précipitations totales, il faut convertir les hauteurs de neige mesurée en hauteurs équivalentes d'eau. Un facteur de 0.10 est alors appliqué aux mesures de neige; c'est le facteur généralement admis par tout le Canada. La valeur quotidienne de la précipitation couvre la journée météorologique se terminant à 0800 heures (H.N.) ou à l'heure de lecture la plus rapprochée.

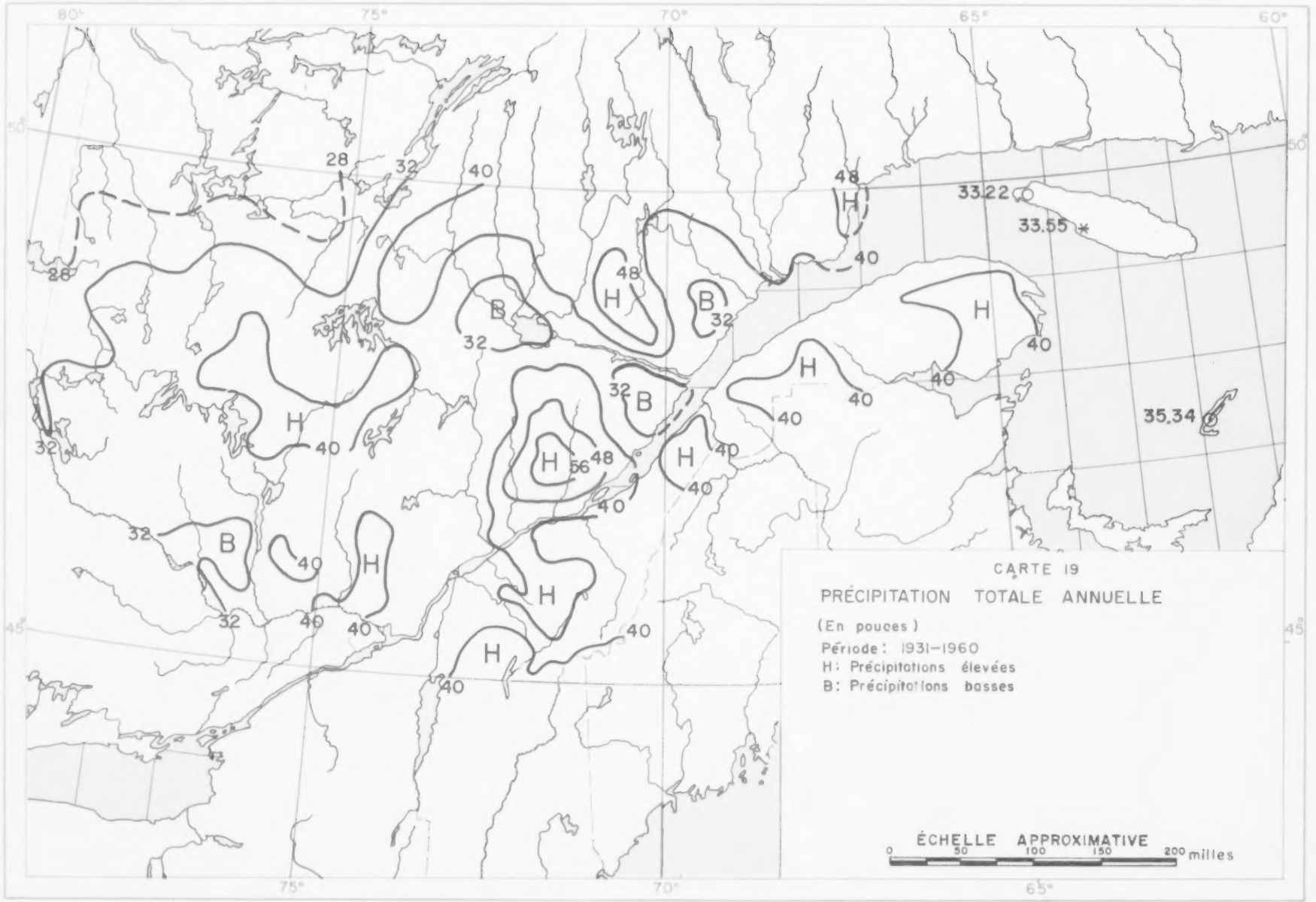
Les mesures de précipitation sont entachées d'erreurs assez grandes, résultant des difficultés d'observation inhérentes à ce phénomène. Ces erreurs, causées par l'évaporation, par l'éclaboussure des gouttes de pluie et leur adhésion au pluviomètre, par l'inclinaison de ce dernier et surtout par son exposition géographique, sont presque toutes négatives; leurs effets sont donc cumulatifs (1). L'exposition est de loin le plus important de ces facteurs. A ces sources d'erreur locales s'ajoutent les erreurs d'échantillonnage, qui toutefois tendent à se compenser sur de longues périodes.

Les difficultés de mesure de la neige fraîche sont de même très grandes; en effet, les chutes de neige ne sont pas réparties uniformément, si ce n'est par temps calme, et la hauteur de neige peut baisser rapidement dans le laps de temps qui précède la mesure.

On introduit une erreur additionnelle en exprimant la hauteur de neige en pouces d'eau; le facteur de conversion de 0.1 peut produire une erreur allant jusqu'à 20 pour cent dans l'évaluation de précipitations mensuelles et saisonnières. Nous n'avons pas tenu compte des erreurs de mesure lorsque, dans le texte, nous parlons d'erreurs ou d'écarts relatifs.

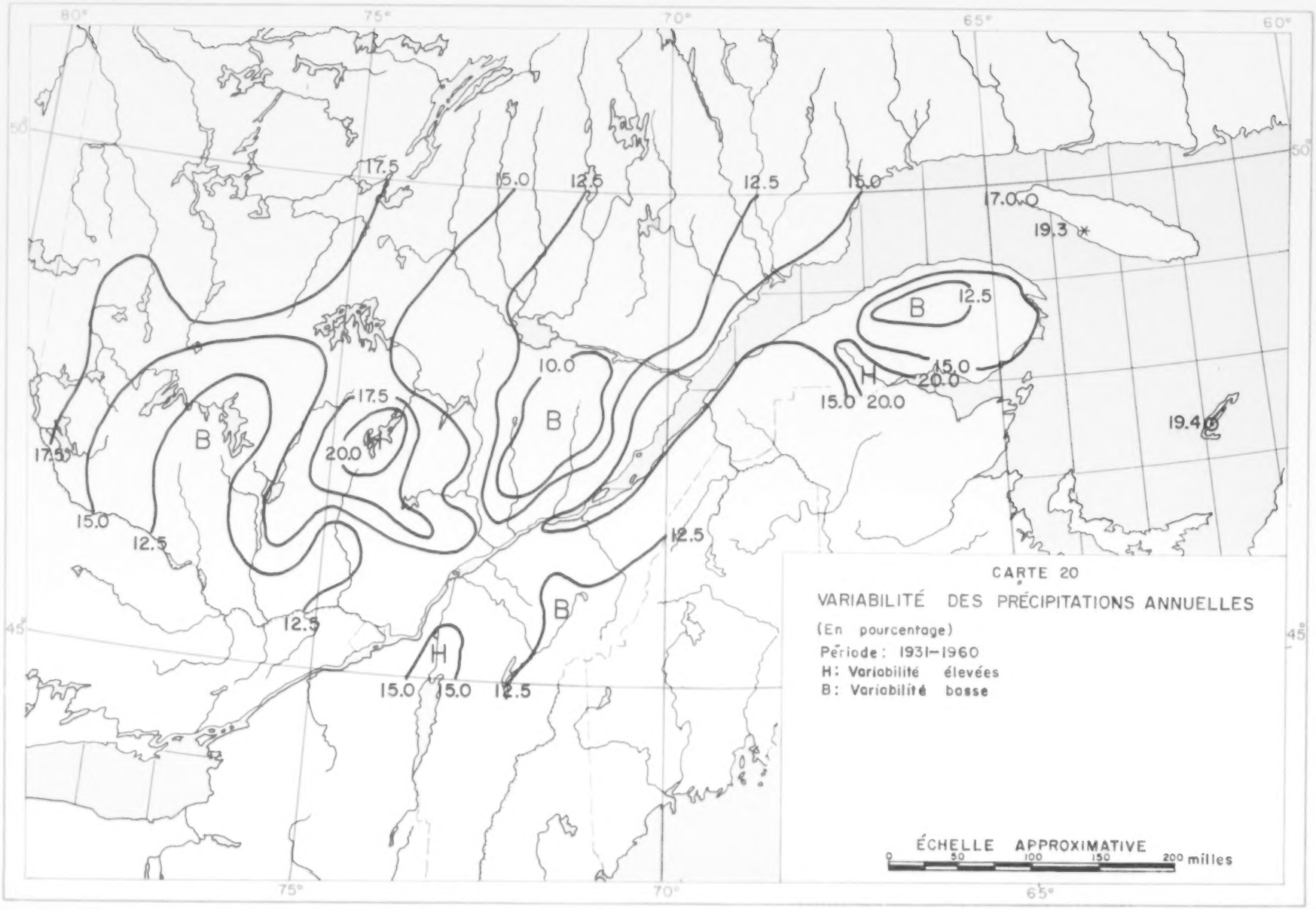
CARTE 19 - Précipitation totale annuelle

La hauteur des précipitations solides et liquides qui tombent en moyenne annuellement. Les précipitations solides sont exprimées en eau en appliquant un facteur de 0.10 aux mesures.


80°
75°
70°
65°
60°
50°
45°
28
32
40
48
H
B
56
33.22
33.55
35.34
CARTE 19
PRÉCIPITATION TOTALE ANNUELLE
(En pouces)
Période: 1931–1960
H: Précipitations élevées
B: Précipitations basses
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

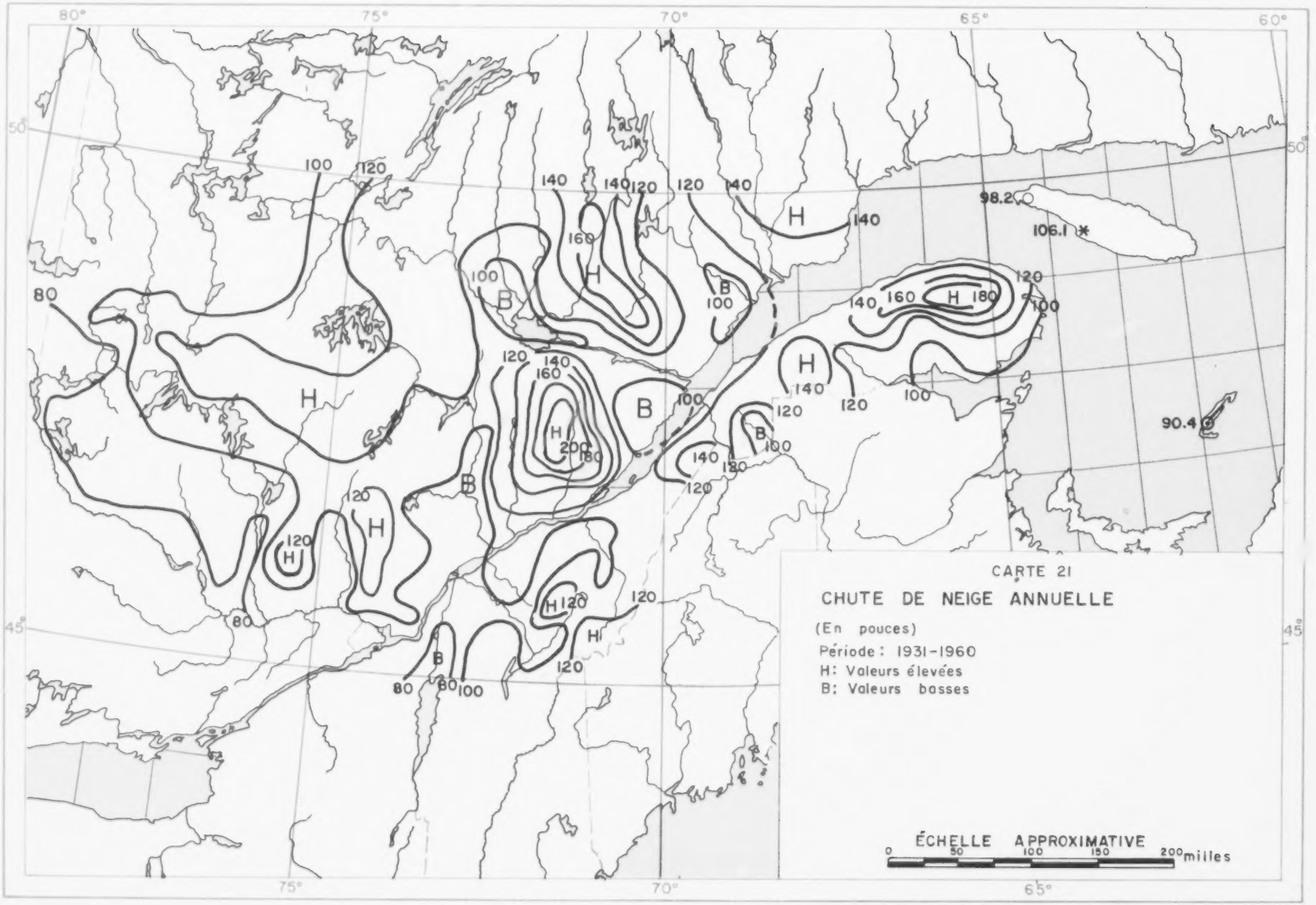
CARTE 20 - Variabilité des précipitations annuelles

Statistiquement, la variabilité est le rapport de l'écart-type à la moyenne, exprimé en pourcentage. Elle mesure la dispersion des valeurs observées autour de la moyenne. Dans un intervalle de deux écarts-types centrés sur la moyenne, près de deux tiers des observations sont contenues.


80°
75°
70°
65°
60°
50°
45°
17.5
15.0
12.5
12.5
15.0
17.0
19.3
B
12.5
10.0
B
H
15.0
20.0
15.0 20.0
19.4
17.5
B
17.5
20.0
15.0
12.5
12.5
B
12.5
H
15.0 15.0 12.5
CARTE 20
VARIABILITÉ DES PRÉCIPITATIONS ANNUELLES
(En pourcentage)
Période : 1931–1960
H : Variabilité élevées
B : Variabilité basse
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

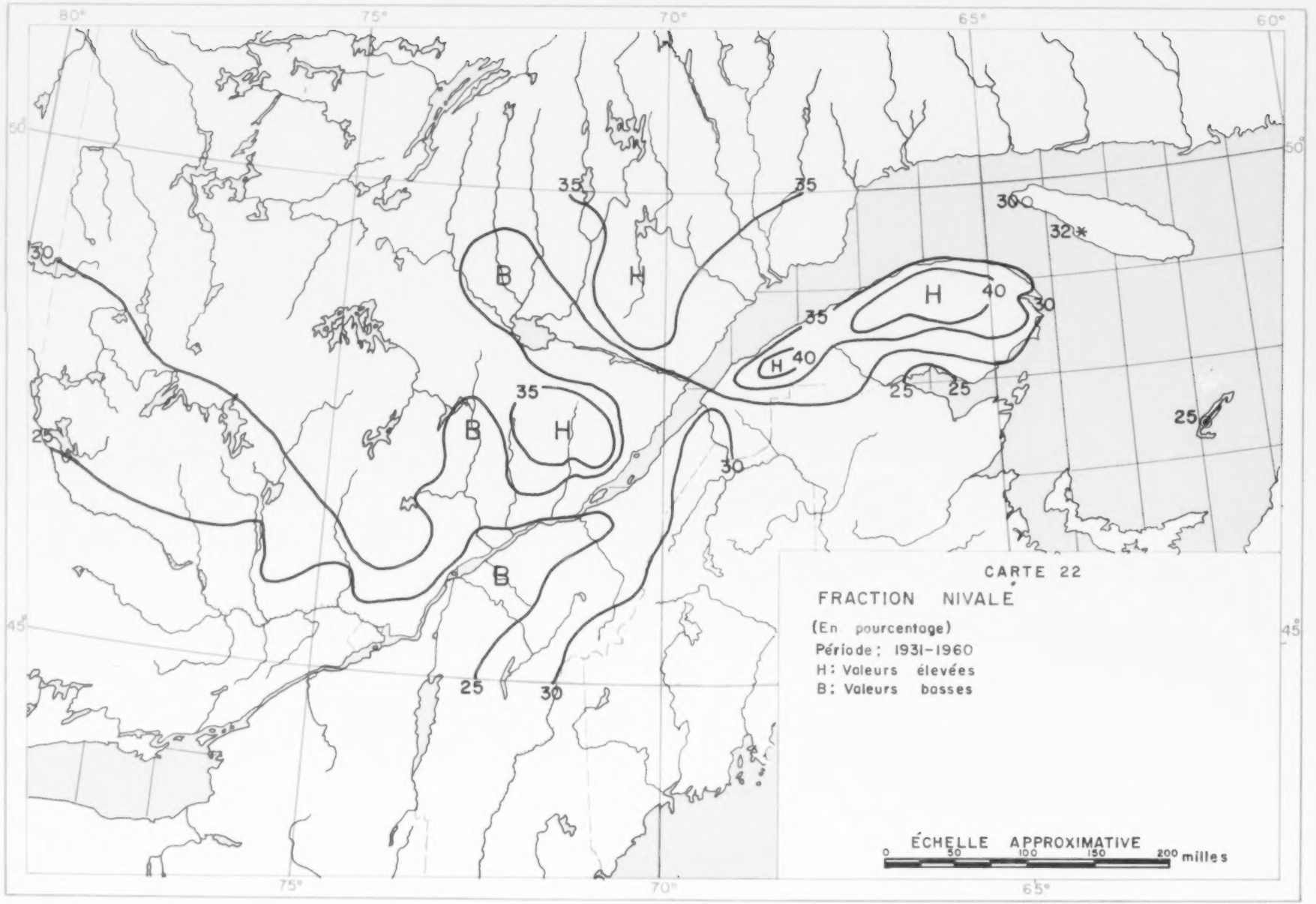
CARTE 21 - Chute de neige annuelle

La somme annuelle des hauteurs de neige enregistrées après chaque chute.


80°
75°
70°
65°
60°
50°
45°
98.2
106.1
90.4
CARTE 21
CHUTE DE NEIGE ANNUELLE
(En pouces)
Période : 1931-1960
H: Valeurs élevées
B: Valeurs basses
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

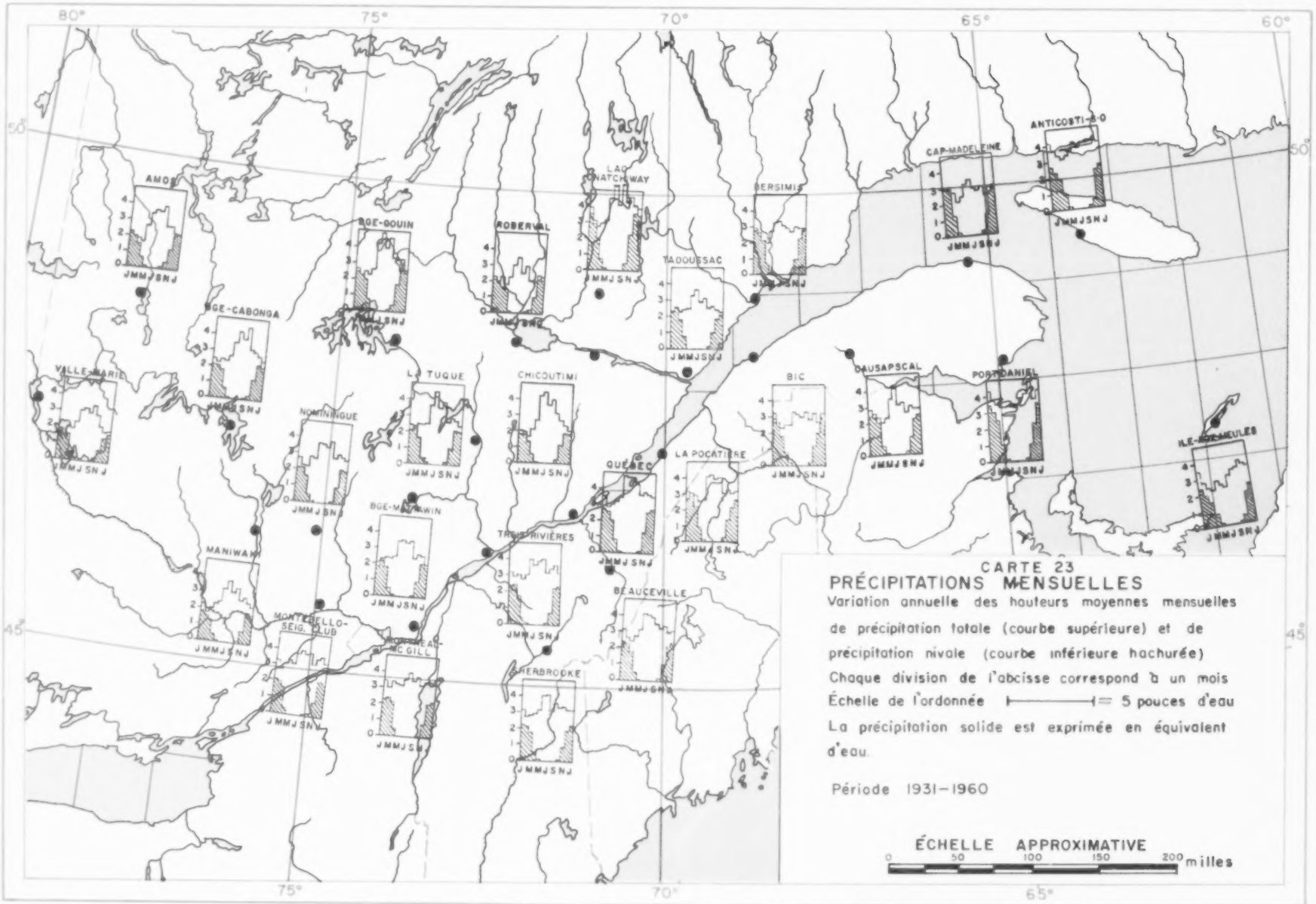
CARTE 22 - Fraction nivale

Pourcentage de la précipitation totale tombant sous forme de neige.


80°
75°
70°
65°
60°
50°
45°
35
30
25
40
32*
H
B
CARTE 22
FRACTION NIVALE
(En pourcentage)
Période : 1931-1960
H : Valeurs élevées
B : Valeurs basses
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

CARTE 23 - Précipitation mensuelle

Hauteurs mensuelles moyennes de la précipitation totale et de la précipitation nivale.



CARTE 23

PRÉCIPITATIONS MENSUELLES

Variation annuelle des hauteurs moyennes mensuelles de précipitation totale (courbe supérieure) et de précipitation nivale (courbe inférieure hachurée)

Chaque division de l'abcisse correspond à un mois

Échelle de l'ordonnée ⊢——⊣ = 5 pouces d'eau

La précipitation solide est exprimée en équivalent d'eau.

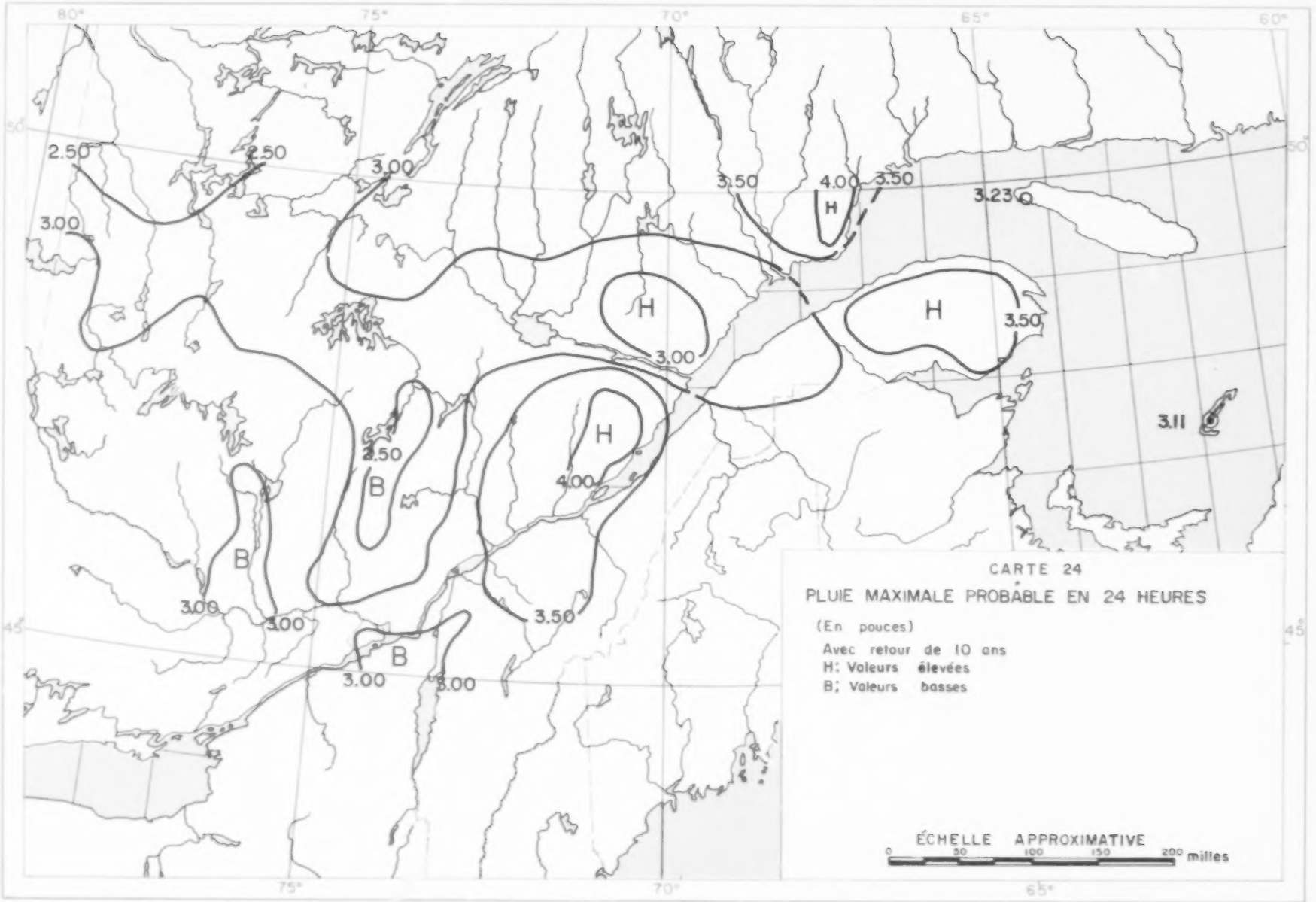
Période 1931–1960

ÉCHELLE APPROXIMATIVE

0 50 100 150 200 milles

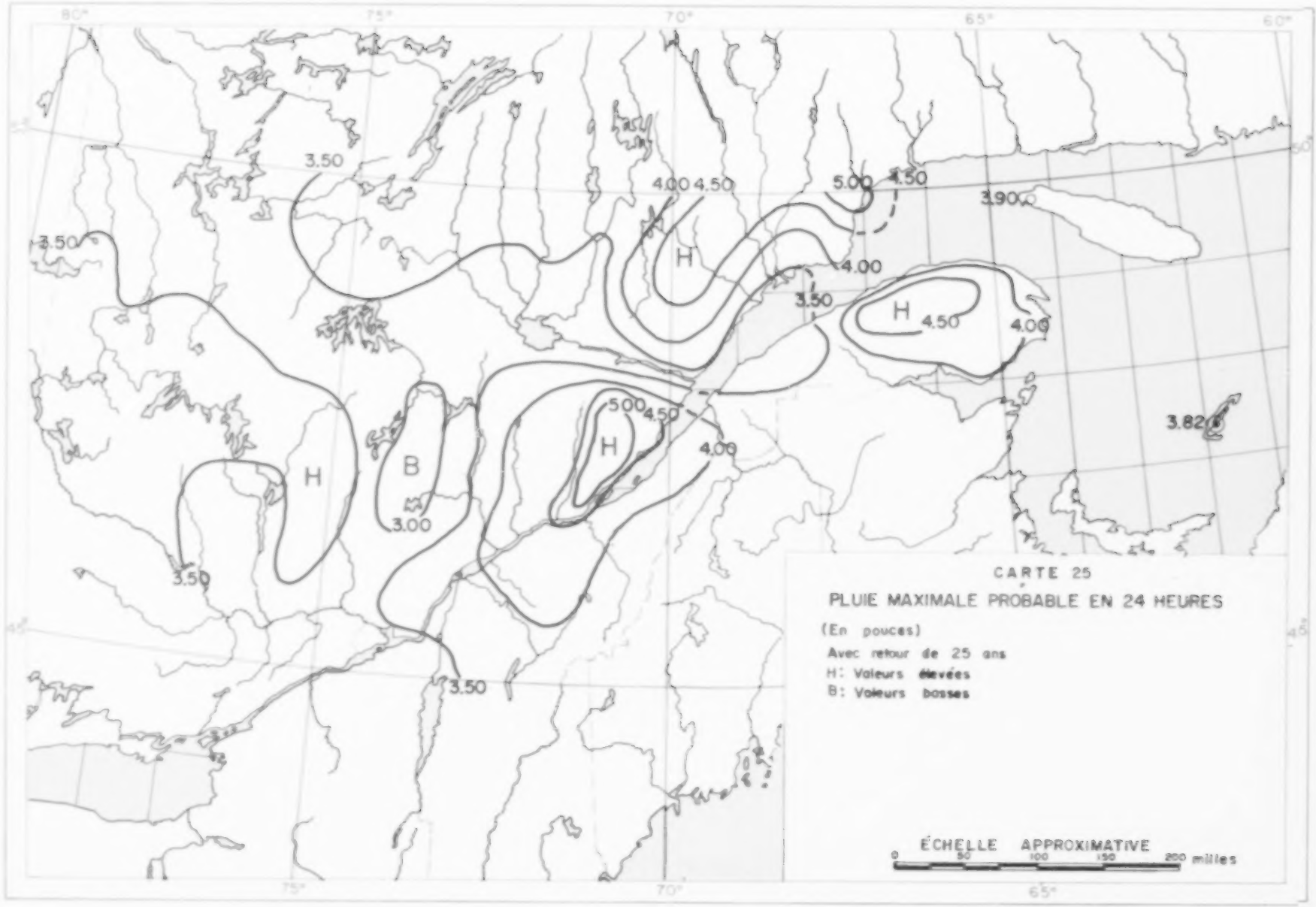
CARTE 24 - Pluie maximale probable en 24 heures avec retour de 10 ans

La hauteur de pluie de 24 heures qui, en moyenne, devrait être égalée une fois tous les dix ans.


80°
75°
70°
65°
60°
50°
45°
2.50
2.50
3.00
3.00
3.50
4.00
3.50
H
3.23
H
H
3.50
3.00
H
3.11
2.50
B
4.00
B
3.00
3.00
3.50
B
3.00
3.00
CARTE 24
PLUIE MAXIMALE PROBABLE EN 24 HEURES
(En pouces)
Avec retour de 10 ans
H; Valeurs élevées
B; Valeurs basses
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

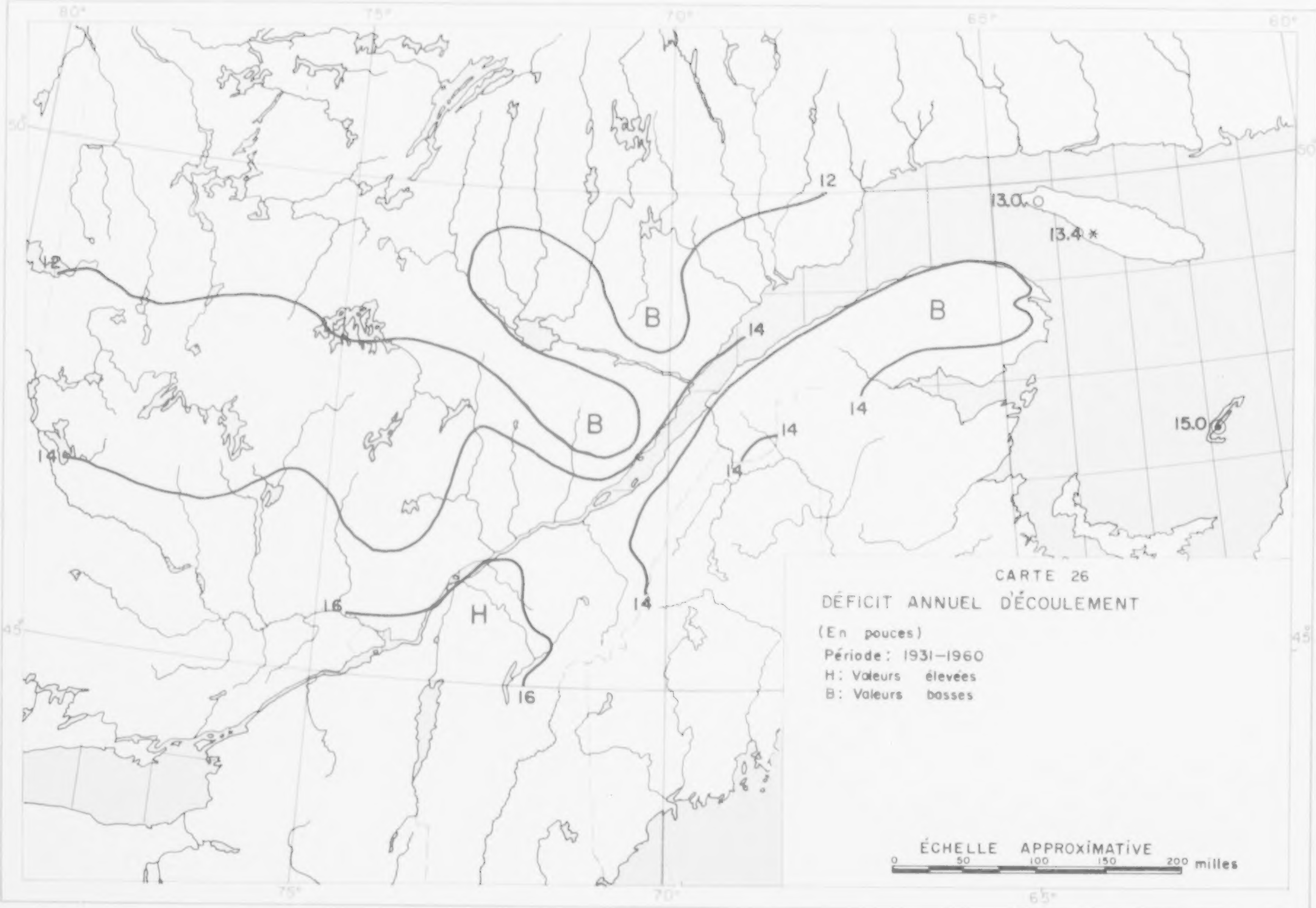
CARTE 25 - Pluie maximale probable en 24 heures avec retour de 25 ans

La hauteur de pluie de 24 heures qui, en moyenne, devrait être égalée une fois tous les 25 ans.


80°
75°
70°
65°
60°
3.50
4.00
4.50
5.00
4.50
3.90
3.50
4.00
3.50
H
4.50
4.00
H
5.00
4.50
4.00
3.82
H
B
3.00
3.50
3.50
CARTE 25
PLUIE MAXIMALE PROBABLE EN 24 HEURES
(En pouces)
Avec retour de 25 ans
H: Valeurs élevées
B: Valeurs basses
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0
50
100
150
200 milles

CARTE 26 - Déficit d'écoulement annuel

Partie des chutes de précipitations totales qui ne contribue pas à l'écoulement et au ruissellement des rivières.


CARTE 26
DÉFICIT ANNUEL D'ÉCOULEMENT
(En pouces)
Période: 1931–1960
H: Valeurs élevées
B: Valeurs basses
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles
80°
75°
70°
65°
60°
50°
45°
12
14
16
B
H
13.0
13.4
15.0

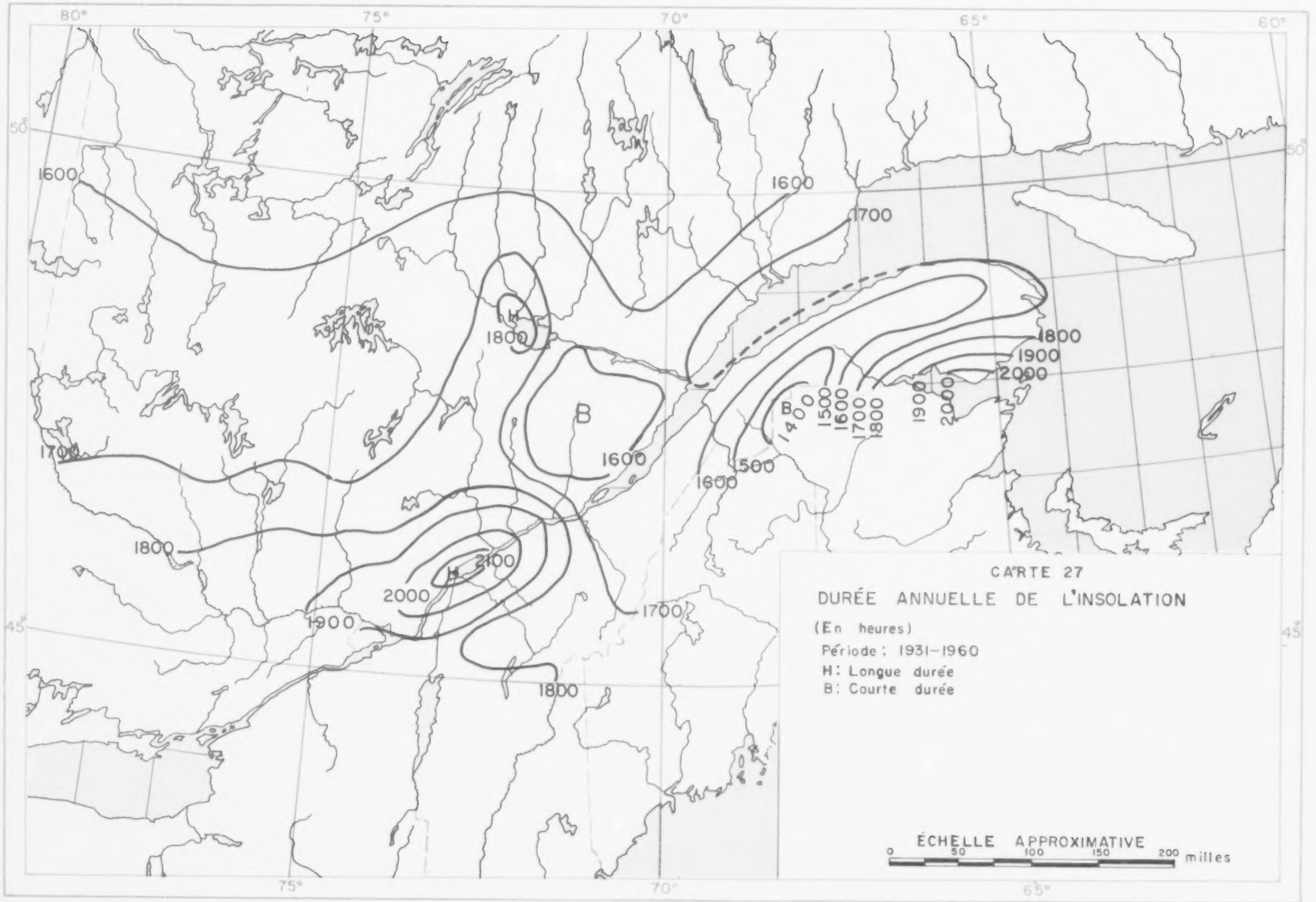
L'INSOLATION

HELIOMETRIE

L'insolation se mesure au moyen de l'héliographe. Cet appareil consiste essentiellement en deux éléments: une bande de papier et une boule de verre. La bande de papier est montée de façon circulaire de telle sorte que tout en tenant compte de la trajectoire apparente du soleil, elle se trouve toujours au foyer de la lentille que constitue la boule de verre. C'est donc le noircissement de la bande de papier par les rayons concentrés du soleil qui renseigne sur la durée d'insolation.

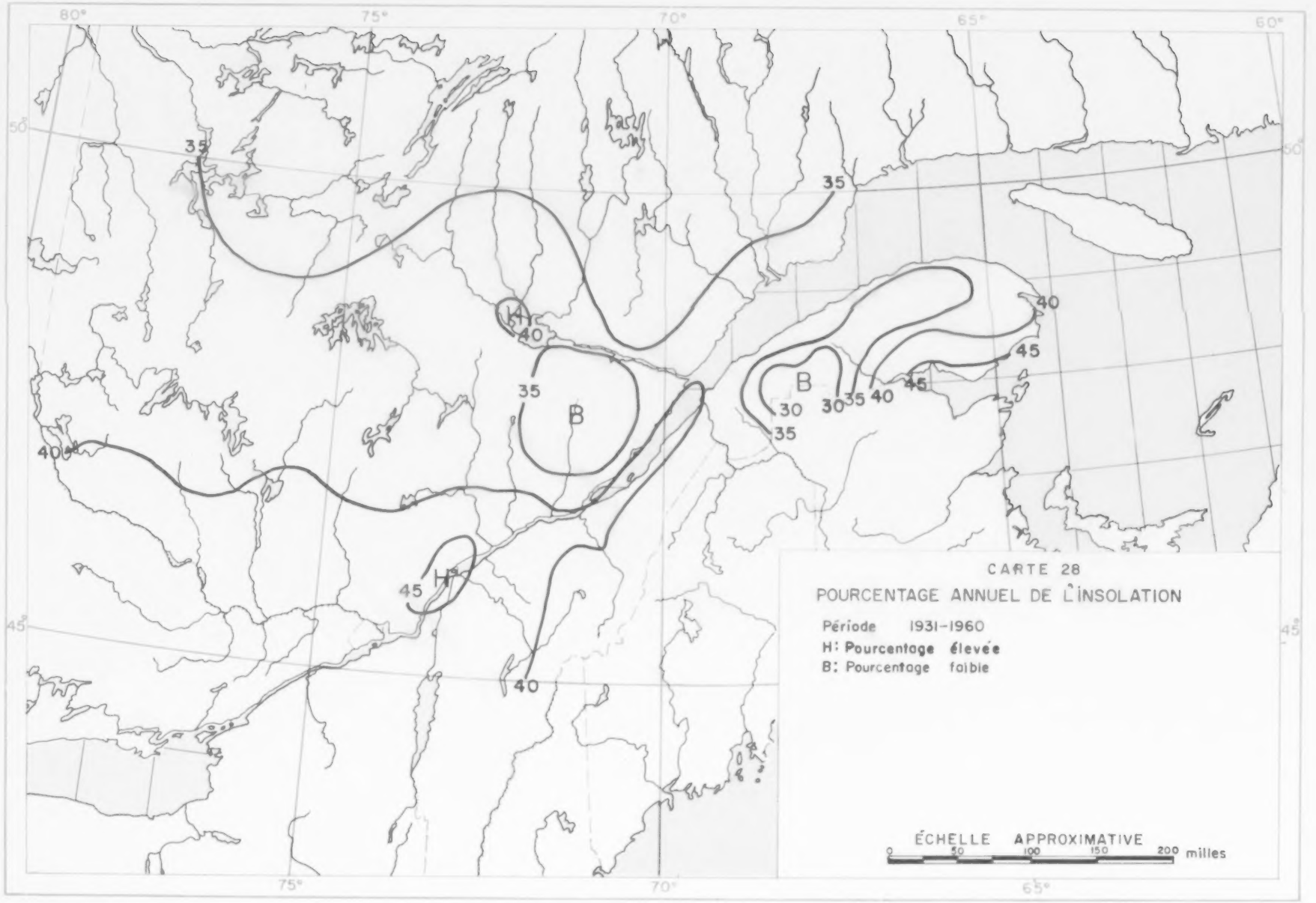
CARTE 27 - Durée annuelle de l'insolation

Nombre annuel moyen d'heures où le soleil brille.


80°
75°
70°
65°
60°
50°
45°
1600
1700
1800
1900
2000
2100
H
B
1400
1500
CARTE 27
DURÉE ANNUELLE DE L'INSOLATION
(En heures)
Période : 1931–1960
H : Longue durée
B : Courte durée
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

CARTE 28 - Pourcentage annuel moyen de l'insolation

Le rapport de la durée annuelle moyenne de l'insolation à la durée possible de l'insolation.


80°
75°
70°
65°
60°
55°
50°
45°
35
40
45
H
B
30
CARTE 28
POURCENTAGE ANNUEL DE L'INSOLATION
Période 1931-1960
H: Pourcentage élevée
B: Pourcentage faible
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

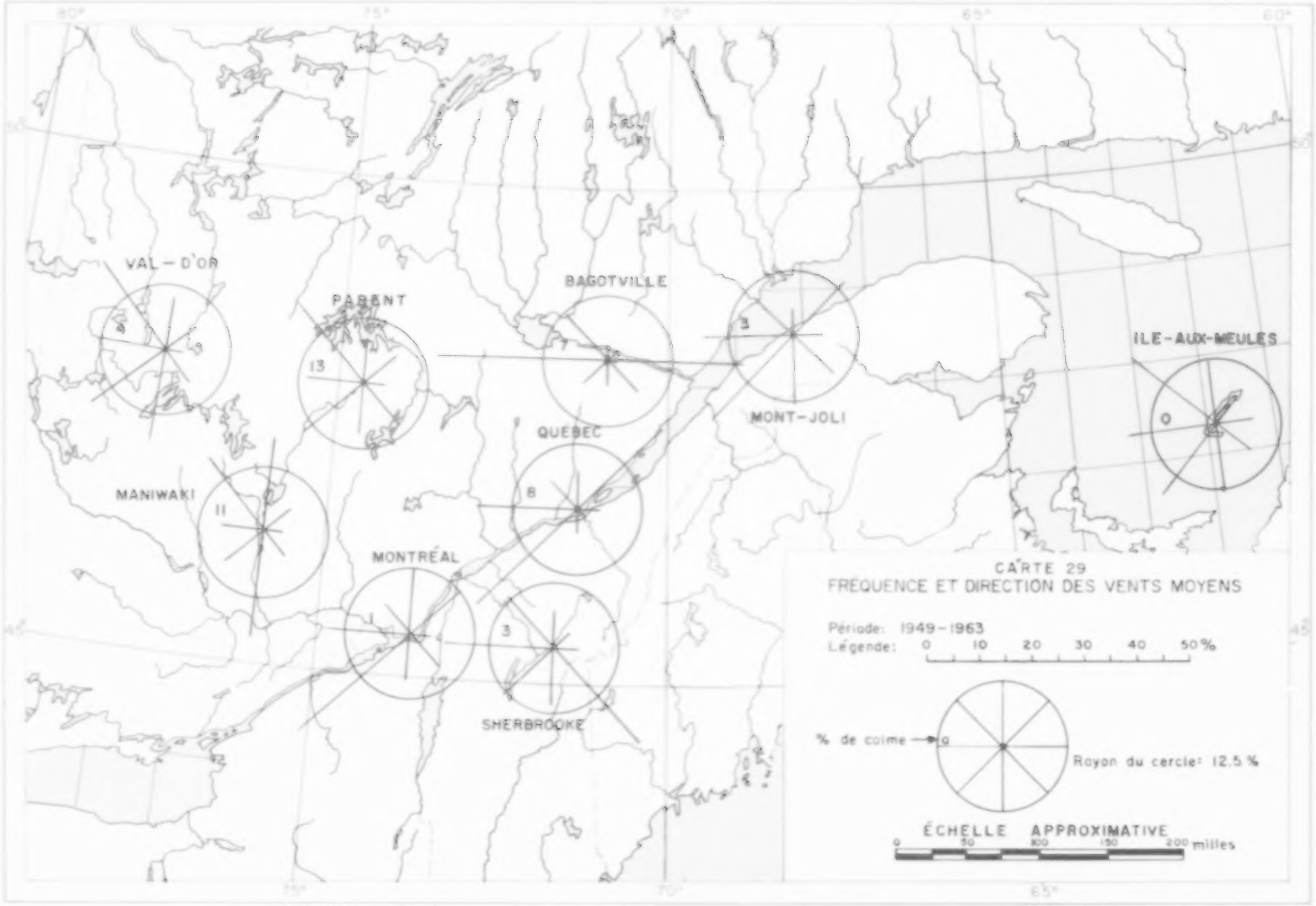
LES VENTS

ANEMOMETRIE

Les valeurs utilisées à la préparation des cartes anémométriques proviennent d'observations prises quatre fois par jour, aux heures synoptiques, i.e. 0000 T.U., 0600 T.U., 1200 T.U. et 1800 T.U., sauf à Sherbrooke, à Maniwaki et à l'Ile-aux-Meules, où les directions dominantes des vents horaires ont été trouvées à l'aide d'anémogrammes. Les girouettes indiquant la direction du vent sont installées à des hauteurs différentes aux diverses stations.

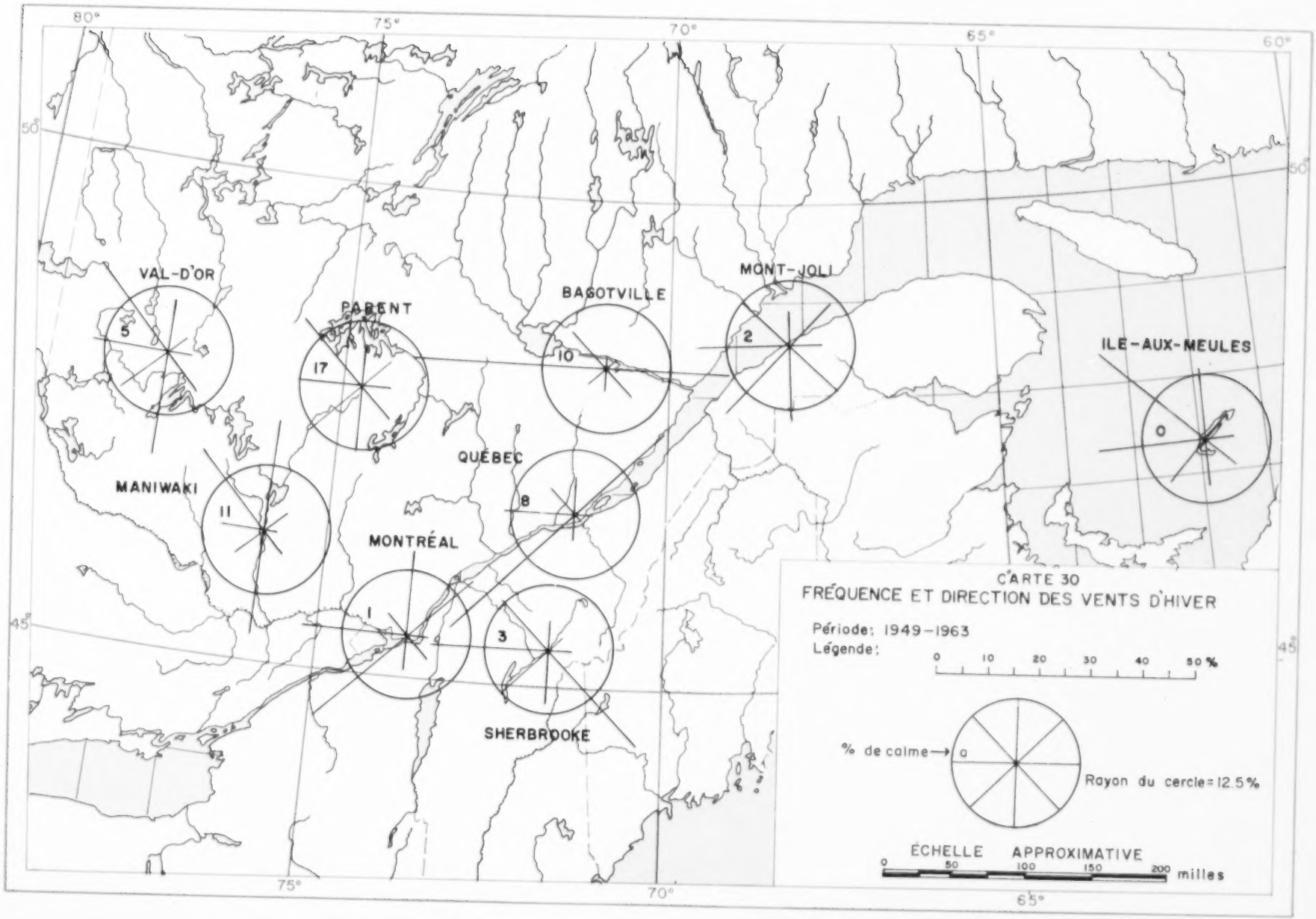
CARTE 29 - Fréquence et direction des vents moyens

Diagrammes montrant, pour chaque direction principale de la rose des vents, la fréquence annuelle relative d'un vent provenant de cette direction.


VAL – D'OR
8
PARENT
13
BAGOTVILLE
7
3
MONT-JOLI
ILE-AUX-MEULES
0
QUEBEC
8
MANIWAKI
11
MONTRÉAL
3
SHERBROOKE
CARTE 29
FRÉQUENCE ET DIRECTION DES VENTS MOYENS
Période: 1949 – 1963
Légende: 0 10 20 30 40 50 %
% de calme 0
Rayon du cercle: 12.5 %
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

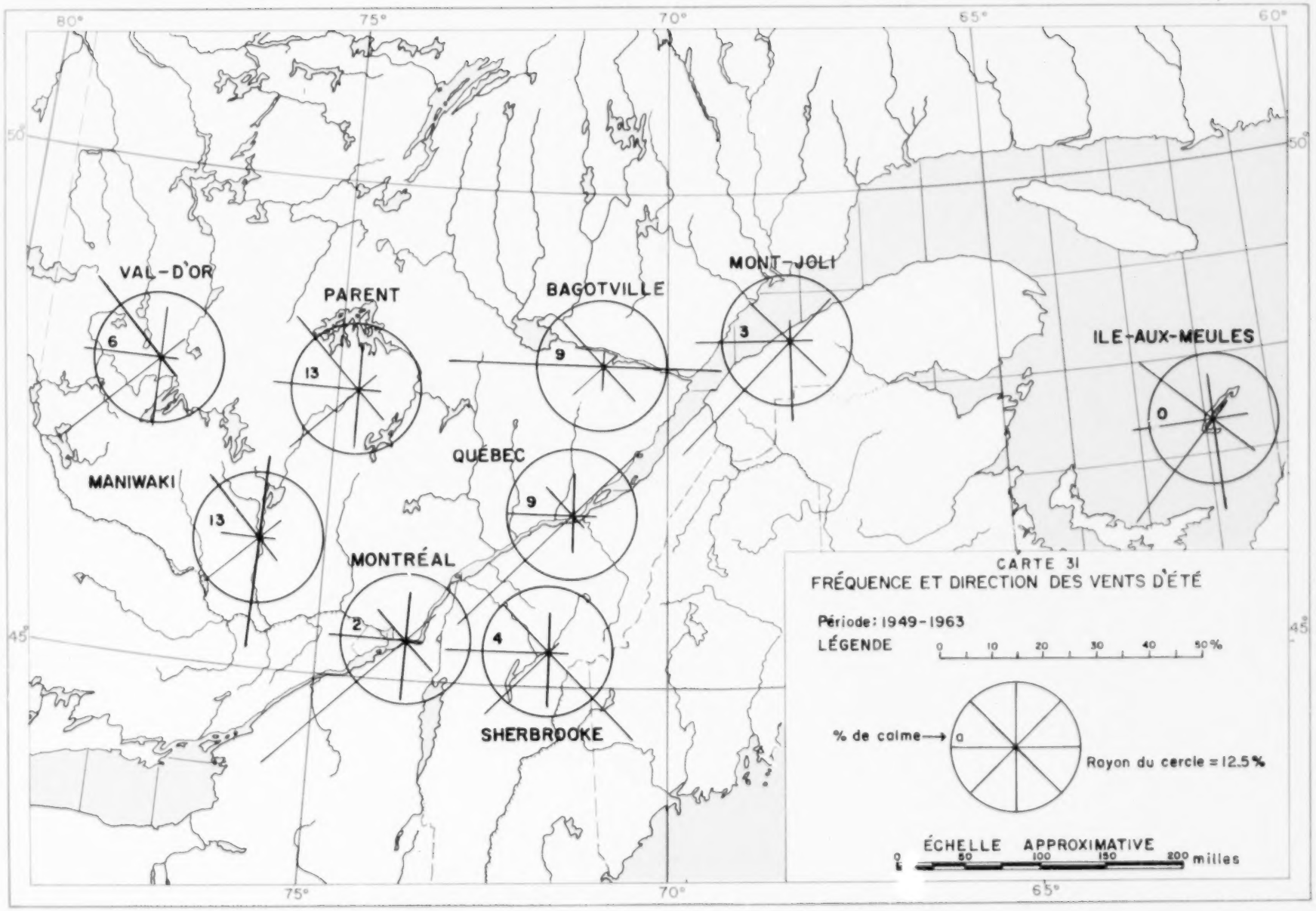
CARTE 30 - Fréquence et direction des vents d'hiver

Diagrammes montrant, pour chaque direction principale de la rose des vents, la fréquence relative d'un vent provenant de cette direction pour les mois de décembre, janvier et février.


80°
75°
70°
65°
60°
50°
45°
VAL-D'OR
5
PARENT
17
BAGOTVILLE
10
MONT-JOLI
2
ILE-AUX-MEULES
0
MANIWAKI
11
QUÉBEC
8
MONTRÉAL
1
3
SHERBROOKE
CARTE 30
FRÉQUENCE ET DIRECTION DES VENTS D'HIVER
Période: 1949-1963
Légende:
0 10 20 30 40 50 %
% de calme → 0
Rayon du cercle = 12.5 %
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

CARTE 31 - Fréquence et direction des vents d'été

Diagrammes montrant, pour chaque direction principale de la rose des vents, la fréquence relative d'un vent provenant de cette direction pour les mois de juin, juillet et août.


80°
75°
70°
65°
60°
50°
45°
VAL-D'OR
6
PARENT
13
BAGOTVILLE
9
MONT-JOLI
3
ILE-AUX-MEULES
0
MANIWAKI
13
QUÉBEC
9
MONTRÉAL
2
4
SHERBROOKE
CARTE 31
FRÉQUENCE ET DIRECTION DES VENTS D'ÉTÉ
Période: 1949-1963
LÉGENDE
0 10 20 30 40 50 %
% de calme → 0
Rayon du cercle = 12.5 %
ÉCHELLE APPROXIMATIVE
0 50 100 150 200 milles

PRIX: $1.00

L'ÉDITEUR OFFICIEL DU QUÉBEC